



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

“Comparación de tres tipos de fermentadores para cacao (*Theobroma Cacao L.*) y posterior evaluación de las características en la producción de bebida de cacao.”

AUTORES

Br. Triana Pamela Aráuz Morán

Br. Kelly Yahaira Dormus Quezada

Br. Katherine Laleska Montoya Blandón

TUTOR

Ing. Mariliana Videa Bustillo

Estelí, octubre de 2019



Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

ARÁUZ MORÁN TRIANA PAMELA

Carne: **2014-0208N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

DORMUS QUEZADA KELLY YAHAIRA

Carne: **2014-0105N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Lider en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

MONTOYA BLANDÓN KATHERINE LALESKA

Carne: 2014-0153N Turno Diurno Plan de Estudios 2005 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

[Handwritten signature]

Managua, 06 de marzo de 2019

Brs. Triana Pamela Aráuz Morán
Kelly Yahaira Dormus Quezada
Katherine Laleska Montoya Blandón

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **“Comparación de tres tipos de fermentadores para cacao (Theobroma Cacao L.) y posterior evaluación de las características en la producción de bebida de cacao”**, para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con el **MSc. Mariliana Videa Bustillo** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,

[Handwritten signature]
MSc. Lester Antonio Artola Chavarria
Decano



C/c Archivo
LACH/art

Estelí, 05 de septiembre de 2019

MSc. Lester Artola Chavarría

Decano FTI

Sus manos

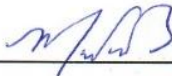
Estimado Decano

Reciba cordiales saludos, a través del presente remito tesis monográfica titulada: **"Comparación de tres tipos de fermentadores para cacao (Theobroma Cacao L.) y posterior evaluación de las características en la producción de bebida de cacao."** para su proceso de defensa, la misma fue elaborada por los bachilleres: Triana Pamela Aráuz Morán, Kelly Yahaira Dormus Quezada y Katherine Laleska Montoya Blandón.

Por otra parte, no omito manifestarle que el documento cumple con los requerimientos técnicos normados por la facultad, por lo tanto, solicito su aprobación para que los bachilleres antes mencionados puedan proceder a su correspondiente defensa.

Sin más a que referirme le saludo con muestras de estima y consideración.

Atentamente,



MSc. Mariliana Videá Bustillo

Tutora

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por la fuerza que nos dio para salir adelante, dándonos salud, bienestar y sabiduría.

A nuestros padres por todo el apoyo que nos han brindado durante este arduo camino, y habernos dado la oportunidad de realizarnos como profesionales, por darnos la confianza y el entusiasmo de cumplir nuestras metas y seguir adelante.

A MSc. Mariliana Videa Bustillo por su tiempo valioso y dedicación en cada una de las etapas de nuestro trabajo, por habernos brindado grandes conocimientos académicos, por su calidez y humildad como persona y profesional, al gremio de docentes de la Universidad que gracias a ellos hoy nos formamos como profesionales.

A la familia Gutiérrez Osegueda por habernos brindado el apoyo en el área experimental de todo nuestro proyecto y al joven Holman Gerónimo Osegueda Lazo por brindarnos ayuda técnica en el proceso de fermentación de cacao.

A nuestro querido amigo Danilo Alfonso Medina Avalos (QEPD) por habernos apoyado y animado durante todo este proceso investigativo.

Dedicatorias

Triana Pamela Aráuz Morán

A Dios por permitirme haber culminado una más de mis metas con sabiduría, a mi padre Edgard Alberto Aráuz y principalmente a mi mamá Olivia del C. Morán ya que gracias a ella que me dio la vida y ha estado a mi lado celebrando cada uno de mis logros, por su paciencia y amor agradezco de corazón a personas que ayudan en mi casa, a mi hermana, maestros, familiares y amigos ya que me han apoyado y ayudado incondicionalmente para poder llegar al final de la carrera, por último a mi novio ya que estuvo ayudándome en el transcurso de estos años.

Kelly Yahaira Dormus Quezada

A Dios por haberme permitido culminar mi carrera, mis padres, a mis papitos y familia por todo el apoyo que me brindaron, el cariño y comprensión que me han tenido dándome la formación dentro de los valores y principios cristianos.

Katherine Laleska Montoya Blandón

A Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mis padres y hermanos que siempre me han apoyado a lo largo de mi vida y por último una dedicatoria especial a mi prometido Danilo Alfonso Medina Avalos que en paz descanse quien fue un apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

Resumen

El presente estudio tuvo como propósito la “Comparación de tres tipos de fermentadores para cacao y posterior evaluación de las características en la producción de bebida de cacao criollo, las pruebas de fermento se realizaron en finca La Estancia ubicada en la comunidad El Diamante Km 130 carretera al Tuma La Dalia, Departamento de Matagalpa, el proceso fermentativo y de secado se realizó en dicha finca porque el cacao provenía de la misma zona y se quería evitar recibir el cacao fermentado si se trasladaba hasta Estelí y la evaluación sensorial de la bebida del cacao se realizó en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional de ingeniería con sede en Estelí (UNI-RUACS).

Para el desarrollo de esta investigación se evaluaron 3 tipos de fermentadores (cajón de madera, tinas plásticas y sacos de yute), determinándose las características físico químicas del grano durante el proceso de fermentado, estableciéndose cuál de las 3 pruebas diferían en la calidad de la bebida del cacao.

Los granos de cacao fueron divididos en tres lotes de fermentación y en los tres diseños de fermentadores, estas pruebas se ejecutaron por triplicado en las mismas condiciones ambientales todos los tratamientos, se realizaron las mediciones de temperaturas, grados Brix y potencial de hidrógeno permitiendo las referencias para evaluar la calidad de los granos durante la experimentación.

El cacao que obtuvo los mejores valores de fermentación fueron los granos de cacao fermentados en saco de yute ya que se alcanzaron valores óptimos de fermentación tales como temperaturas mayores a los 40 °C, promedio de pH de 5.5 y humedad final de 9.3%.

Al final se realizó una prueba sensorial por medio de una bebida donde se compararon las tres muestras de fermento evaluando sabor, aroma, color, apariencia y textura: se demostró que los panelistas no encontraron diferencias significativas entre las muestras.

Tabla de contenido

I.	Introducción	1
II.	Objetivos.....	2
2.1.	Objetivo general	2
2.2.	Objetivos específicos	2
III.	Antecedentes.....	3
IV.	Justificación	6
V.	Marco teórico	9
4.1.	Generalidades del cacao.....	9
4.1.1.	Parámetros físicos químicos del grano.....	9
4.1.2.	Características del grano fermentado.....	10
4.1.3.	Variedades del cacao	12
4.1.4.	Proceso del beneficiado del cacao	13
4.1.5.	Objetivos del beneficiado de cacao.	16
4.1.6.	Diagrama de Flujo del Beneficiado de cacao.	16
4.1.7.	Defectos en el grano de cacao	18
4.2.	Análisis sensoriales.....	18
4.2.1.	Tipos de pruebas para análisis sensorial.....	19
VI.	Análisis y presentación de resultados	23
6.1.	Ubicación del estudio	23
6.2.	Tipo de investigación.....	24
6.3.	Diseño experimental.....	25
6.4.	Actividades por objetivos específicos.....	25
6.5.1.	Caracterización de los granos de cacao antes de la fermentación....	25

6.5.2. Determinación del material de los fermentadores y las técnicas del diseño del experimento para la obtención del grano fermentado	32
6.5.3. Proceso de beneficiado de cacao, elaboración y prueba sensorial de bebida de cacao.	34
6.5.4. Pruebas físico-químicas y monitoreo de los cambios que se presenten en las muestras durante la fermentación del cacao.....	45
6.5.5. Evaluación organoléptica del grano de cacao fermentado y procesado como bebida, por medio de análisis sensorial.	55
VII. Conclusión.....	66
VIII. Recomendaciones.....	68
IX. Bibliografía.....	69
X. Anexos.....	73

Indice de Tablas

Tabla 1. Características físicas químicas del grano de cacao.	10
Tabla 2. Sinopsis del proceso de fermentación.	14
Tabla 3. Datos de temperaturas en las muestras de cacao antes de la fermentación.	27
Tabla 4. Datos de pH en las muestras de cacao antes de la fermentación.	29
Tabla 5. Datos de °Brix en las muestras de cacao antes de la fermentación.	31
Tabla 6. Datos de temperaturas de los de los granos fermentados y secos.....	46
Tabla 7. Análisis de varianza de los datos de temperatura en la fermentación. ...	47
Tabla 8. Test Duncan de Temperaturas en la fermentación.	47
Tabla 9. Datos de potencial de hidrógeno de granos fermentados y secos.....	50
Tabla 10. Análisis de varianza de los datos de potencial de hidrógeno durante la fermentación.....	51
Tabla 11. Datos de humedad de los granos fermentados y secos.	53
Tabla 12. Análisis de la varianza para humedad final.....	53
Tabla 13. Test Duncan de porcentaje de humedad en los granos de cacao.	54
Tabla 14. Escala de valoración de atributos para análisis sensorial.	58
Tabla 15. Análisis de la varianza de Aroma de las muestras de cacao.	58
Tabla 16. Análisis de varianza de la Apariencia de las muestras de cacao.....	60
Tabla 17. Análisis de varianza de la textura de las muestras de cacao.....	61
Tabla 18. Análisis de varianza del sabor en las muestras de cacao.....	62
Tabla 19. Análisis de varianza para el color de las muestras de bebida de cacao.	63
Tabla 20. Análisis de varianza multivariado de las características organolépticas evaluadas en las bebidas de cacao.	64
Tabla 21. Separación de promedios de los tratamientos por Hotelling.	64

Índice de figuras

Figura 1. Partes de la mazorca de cacao.	11
Figura 2. Partes del grano de cacao.....	12
Figura 3. Proceso general del beneficiado de cacao.....	17
Figura 4. Ubicación del escalaestudio experimental.....	23
Figura 5. Ubicación del lugar donde se realizará el análisis sensorial.....	24
Figura 6. Termómetro digital de sonda.....	26
Figura 7. Medición de temperaturas antes de la fermentación.	27
Figura 8. Medidor digital de pH marca ATC.....	28
Figura 9. Medición de pH antes de la fermentación.	29
Figura 10. Refractómetro analógico de 0 a 30 °Bx.	30
Figura 11. Medición de °Brix antes de la fermentación.....	31
Figura 12. Tinas Plásticas.	33
Figura 13. Saco de yute.	33
Figura 14. Cajones de Madera.	34
Figura 15. Recepción de cacao en baba.	35
Figura 16. Pesado de cacao en baba.	36
Figura 17. Tinas plásticas llenas de caco.....	36
Figura 18. Cajones de madera llenos.....	37
Figura 19. Sacos de Yute llenos.....	37
Figura 20. Prueba de corte durante el proceso de fermento.	38
Figura 21. Secado de cacao en parrijuela.	39
Figura 22. Remoción de cacao en parrijuelas.	40
Figura 23. Prueba de corte.	40
Figura 24. Entrenamiento con salsa de tomate.	41
Figura 25. Degustación de bebida de cacao.	42
Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de beneficiado de cacao, elaboración y prueba sensorial de bebida.	43
Figura 27. Variación de temperaturas en el proceso de fermentación.	48
Figura 28. Toma de temperatura en tinas plásticas.....	49
Figura 29. Toma de temperatura en cajón de madera.	49

Figura 30. Variación de pH en el proceso de fermentación.....	51
Figura 31. Medidor digital de humedad para granos de cacao.....	52
Figura 32. Mediciones de humedad en los granos fermentados y secos.	54
Figura 33. Evaluación del Aroma en las muestras de cacao.	59
Figura 34. Evaluación de la apariencia de las muestras de cacao.	60
Figura 35. Evaluación de la textura en las muestras de cacao.....	61
Figura 36. Evaluación del sabor en las muestras de cacao.....	62
Figura 37. Evaluación del color en las muestras de cacao.....	63

I. Introducción

En Nicaragua el cultivo de cacao es un producto nativo, siendo este apto en todo el territorio. Se producen tres variedades de cacao (el forastero amazónico, el criollo y el trinitario), pero su producción está dispersa en varias zonas, principalmente en el Atlántico Sur, Norte, la zona de las Minas, Matagalpa, Jinotega y Rivas (BCN, 2007). Actualmente se comercializa el grano en bruto exportándolo a Alemania, el cual es el principal comprador, y a El Salvador, la cantidad de 3.88 millones de kilos en el año 2015 (Lopez, 2016), pero en el país existen pocas empresas que le den el valor agregado que se merece.

Entre los productos derivados de esta materia prima es el cacao en polvo, bebidas de cacao, licor de cacao, manteca de cacao y chocolate (FUNICA, 2007), teniendo en cuenta que estos productos, antes de ser transformada la materia prima pasa por una etapa de fermentación, que consiste en amontonar los granos durante varios días con el fin de que los microorganismos descompongan el mucílago (la pulpa blanca y azucarada que envuelve los granos), aumente la temperatura para producir la muerte del germen o embrión y se inicien los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras, que van a ser los responsables de la formación de los compuestos precursores del sabor a chocolate (Cubillos, Merizalde, y Correa, 2008).

Las fincas nicaragüenses que se dedican al cultivo de este grano, en su mayoría trabajan con el cacao criollo. Estas fincas solamente lo comercializan sin darle ningún valor agregado y sin evaluar la calidad del grano que están vendiendo.

La presente investigación tiene como finalidad la evaluación del efecto en las características físicas y químicas en muestras de granos de cacao provenientes de la Finca “La Estancia” en Nicaragua. Este estudio se basará en la valoración del tipo de fermentador “madera, plástico y sacos de yute” para determinar la calidad final de bebidas de cacao por medio de un análisis sensorial.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto que tienen tres tipos de fermentadores “Cajón de madera, tina plástica, saco de yute”, en el grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo criollo, para determinar la incidencia de estos métodos en el producto final.

2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los granos de cacao antes de la fermentación para determinar las características iniciales de la materia prima.
2. Determinar el material de los fermentadores y las técnicas del diseño del experimento para la obtención del grano fermentado.
3. Caracterizar los granos de cacao fermentados para comparar las técnicas aplicadas por medio de análisis estadístico.
4. Evaluar organolépticamente el grano de cacao fermentado y procesado como bebida, por medio de análisis sensorial, determinando el proceso fermentativo que mejora la calidad.

III. Antecedentes

En el año 2003, Lucia de Fariñas, Ligia Ortiz, Naidely Álvarez y América Trujillo de la Universidad Central de Venezuela realizaron un estudio que consistía en fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera, los resultados indican que el diseño del fermentador influyó sobre las características físicas y químicas, siendo mayor la temperatura alcanzada por la masa de cacao al fermentar con la caja cuadrada, con la cual los valores de taninos fueron más altos y los de pH más bajos, tanto en la pulpa + testa como en el cotiledón, por lo que pudo considerarse como el diseño más eficiente para el proceso fermentativo del cacao (Fariñas, Ortiz, Alvarez, & Trujillo, 2003).

En el año 2009, Mirian Riera de la Universidad Estatal de Amazonia realizó un trabajo investigativo donde hizo referencia al estudio y comparación de las tecnologías, en el proceso de fermentación y secado del cacao beneficiado en condiciones amazónicas. En este se abordaron temas como: la cosecha y quiebra, fermentación, secado, selección para el beneficio, el comportamiento del pH, la temperatura, las características físicas y pruebas organolépticas. Teniendo como resultado que es posible el proceso de cacao beneficiado con la utilización de la caja rohan y el adecuado control del proceso en cada una de las etapas (Riera, 2009).

En el año 2011, Rubén Rivera, Freddy Mecías, Ángel Guzmán, Mayra Peña, Hugo Medina, Lola Casanova, Alexandra Barrera y Pedro Nivelá realizaron una investigación que tuvo como objetivo evaluar los tipos de fermentadores y los diferentes tiempos de fermentación usados por los productores de cacao de la zona norte y central de la provincia de Manabí Ecuador. Se estudiaron cuatro fermentadores: saco de yute, montón, caja de madera y tina plástica, con una capacidad para almacenar 60 kg de cacao y tiempos de fermentación de 2 a 5 días; además, se evaluó un testigo (sin fermentar). El análisis de los resultados muestra que el tiempo de fermentación a diferencia del tipo de fermentador, tuvo influencia

sobre las variables físicas y químicas analizadas. De los fermentadores y los tiempos utilizados por los productores se presentan las mejores características de calidad entre los cuatro y cinco días de fermentación en cajas de madera (Rivera Fernández, Mecías Gallo, & Guzmán Cedeño, 2012).

En el año 2012, Abel Andrés Navia Orcés y Natalie Valeria Pazmiño Piedra de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral realizaron un estudio acerca de la etapa de fermentación para reducir las cualidades negativas del CCN 51 (Cacao clonado de origen ecuatoriano), como lo es la acidez, amargor y astringencia, mediante la adición de enzimas y conseguir un mejoramiento en la calidad organoléptica de dicho cacao, se requirió el uso de Polifenoloxidasa y una Proteasa comercial de origen fúngico, las cuales ayudaron a disminuir las cualidades negativas en el grano, los cambios en las características fueron notorias una vez realizado el análisis sensorial que hizo utilizando un testigo para poder notar los cambios (Navia Orcés & Pazmiño Piedra, 2012).

En el año 2013, Esmeralda Alaníz, Seydi Arvizu, Katty González de la Universidad Nacional de Ingeniería realizaron un estudio de producción de postres y vinagre a partir de exudado de cacao en la cooperativa de servicios múltiples "Ríos de agua viva, 21 de Junio" Rancho Grande, Matagalpa, la ejecución de este estudio se propuso una alternativa que consistía en el aprovechamiento del exudado de cacao en la producción de postres y vinagre, para dar solución a uno de los problemas que genera este rubro, asimismo reducir el impacto ambiental que este ocasiona (Alaniz Zeledón, Arvizú Aráuz, & González Urrutia, 2013).

En el año 2016, Lina María Cardona Velásquez de la Universidad Nacional de Colombia realizó un estudio acerca de la influencia del proceso de fermentación sobre las características de la calidad del grano de cacao (*Theobroma Cacao*), este trabajo se desarrolló con 3 estudios acerca de cómo influye de la fermentación sobre algunas características finales de los granos de cacao. Se obtuvo como resultado que la implementación de un fermentador plástico no afectó las propiedades físicas

y químicas de los granos de cacao; por lo que podría ser una alternativa a los cajones de madera tradicionales. El tiempo que dura la fermentación y la frecuencia de volteo, determinan las características físicas y químicas en los granos de cacao que se desarrollan durante la fermentación. Existe una relación directa entre el grado de fermentación del cacao y el contenido de antioxidantes, encontrándose que a menor índice de fermentación hay una mayor concentración de antioxidantes (Cardona Velásquez, 2016).

IV. Justificación

La mayoría de las fincas que se dedican a la producción o fermentación de cacao generalmente en países donde se cultiva, hacen este proceso a pequeñas escalas utilizando cajones de madera para obtener un grano mejor fermentado, pero cabe destacar que en muchas fincas no cumplen con estándares de buenas prácticas agrícolas (BPA) y esto afecta la inocuidad del grano ya que los cajones son reutilizables y al volver a utilizarlos no son desinfectados adecuadamente, pero según argumentos de agricultores las cajas deben ser “curadas”, es decir que en las primeras fermentaciones, el producto final quizá no sea muy bueno, por lo tanto hay que esperar al segundo o tercer lote para ir estudiando la calidad de las almendras ya que los cajones de madera quedan con residuos que serán beneficiosos para las siguientes fermentaciones y tener cacao bien fermentado porque quedan residuos de microorganismos que ayudan a las fermentaciones.

De acuerdo a la normativa técnica Nicaragüense (NTON) 03 069-06/RTCA 67.01.33:06. en el acápite número seis en condiciones de los equipos y utensilios inciso número seis puntos uno hace mención que el equipo y utensilios deben estar diseñados y contruidos de tal forma que se evite la contaminación del alimento y facilite su limpieza. Deberán ser de materiales no absorbentes ni corrosivos, resistentes a las operaciones repetidas de limpieza y desinfección, y no transferir al producto materiales, sustancias tóxicas, olores, ni sabores. Por lo que en la industria alimentaria se recomienda la utilización de materiales como el plástico además de que este material no transfiere al producto materiales, sustancias tóxicas, olores, ni sabores.

Según el Reglamento 852/2004, del Registro General Sanitario de Empresas Alimentarias y Alimentos del gobierno de España en cuanto a materiales en contacto con alimentos dice: que estos “no deberán ser porosos ni absorbentes y serán resistentes a golpes o ralladuras, deben ser de fácil limpieza y desinfección y que no supongan un foco de desarrollo bacteriano” (AECOSAN, 2013).

Según lo anterior, y basándose en normativas alimentarias la madera no es un material inocuo ni seguro para llevar a cabo procesos alimentarios ya que es un material difícil de limpiar, poroso y absorbente que acumula humedad y crea un ambiente en el cual se pueden desarrollar microorganismos perjudiciales para la salud humana.

Se hace mención de dichas normativas ya que no se encontró documentación referente a materiales para la fermentación de cacao, aunque en el proceso de fermentación se tiene contacto del material con la parte externa del grano (pulpa mucilaginosa y cascara) se tiene el riesgo de que pueda ser afectado por microorganismos no deseados.

En Nicaragua existen beneficios que se dedican a la producción y postcosecha del cacao aplicando medidas culturales que los productores han adquirido con el paso del tiempo, ya que desde tiempos precolombinos este rubro ha estado presente económicamente en el país, pero debido a esto existe la probabilidad de que los granos al ser comercializados no cumplan con los estándares de calidad y las características organolépticas pueden atentar la seguridad alimentaria de los consumidores (Espinoza Villegas y Noguera García, 2010).

Las fincas productoras de cacao en Nicaragua se encargan solamente de comercializar el grano en bruto, el beneficio de este rubro se trabaja empleando técnicas empíricas las cuales no aseguran la calidad final del grano.

Por lo antes mencionado con esta investigación se analizó de qué manera influye el proceso de fermentación en la calidad del grano final, tanto el tipo de fermentador que se utilizó como el monitoreo del grano en esta etapa tan importante del beneficiado del cacao, la investigación estuvo dirigida principalmente a ayudar a todo aquel que cultive cacao o se quiera dedicar a este rubro, ya que si se maneja correctamente puede traer consigo grandes beneficios para los productores

abarcando un mercado exigente y amplio, garantizando la sostenibilidad económica para el cultivo y proveyendo a sus compradores excelentes materias primas.

V. Marco teórico

A continuación, se abordan las bases teóricas que involucra el beneficiado de cacao, desde conceptos hasta términos asociados al tema para su mayor comprensión.

4.1. Generalidades del cacao

El cacao es una planta nativa de Nicaragua. Desde tiempos inmemorables, la expansión en la producción y consumo de chocolate de cacao dio renombre al país por sus diversos usos. Se cultiva en los departamentos de Rivas, Granada, Río San Juan, Matagalpa, Jinotega y la Costa Caribe (INTA, 2010).

4.1.1. Parámetros físicos químicos del grano.

Se pueden obtener las características organolépticas deseadas a través de un correcto proceso de beneficiado del cacao, ya que este contribuye a generar los procesos físicos químicos encargados de originar los compuestos precursores del aroma y sabor a chocolate tan propio del cacao, aquí radica la gran importancia del buen beneficiado del grano de cacao, a continuación se muestra en la tabla 1 las características físico químicas del grano de cacao en sus rangos bajos, normales y altos al finalizar el proceso de beneficiado.

Tabla 1. Características físicas químicas del grano de cacao.

Parámetros físicos químicos del grano			
	Bajo	Normal	Alto
Porcentaje de cascarilla.	<11	11 a 12	>12
Tamaño del grano (g).	< 1.05	1.05 a 1.2	>1.2
Porcentaje de Humedad.	6 a 6.5	7 a 8	>8
Porcentaje de Grasa.	< 52	52 a 55	>55
pH.	< 5.0	5.0 a 5.5	>5.5
Sabor.	Amargo	Ácido	Normal

Fuente: Departamento de fomento. Compañía Nacional de Chocolates. Bucaramanga 2004, citado en (Fedecacao, 2004).

4.1.2. Características del grano fermentado

4.1.2.1. Características externas

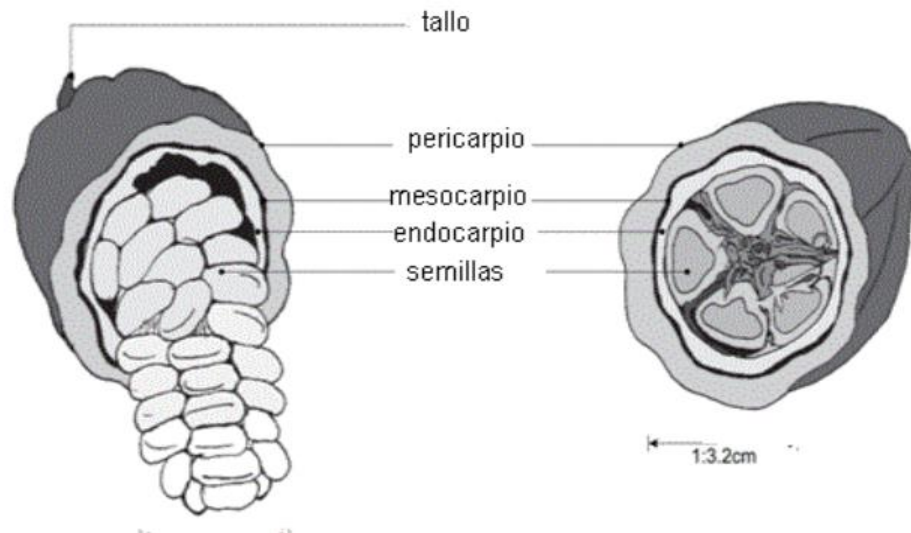
- Tamaño, debe ser constante en el lote fermentado.
- Forma, puede ser de forma redonda y plana.
- Color, según la variedad de cacao fermentado, pero en general va de rojo-pardo a pardo pálido.
- Olor, si la fermentación fue correcta será agradable; de lo contrario será acético y muy desagradable.
- Cutícula, debe estar entera para evitar la invasión de insectos o microorganismos.

4.1.2.2. Internas

- Color, va de castaño a castaño pálido, según la variedad fermentada.
- Textura, los cotiledones se separan con facilidad de la cutícula o testa.
- Sabor, basado en las siguientes características:
 - ✓ Amargor, debido a la teobromina.
 - ✓ Astringencia.
 - ✓ Sabor aromático.
 - ✓ Sabor frutal.
 - ✓ Sabor a nuez.

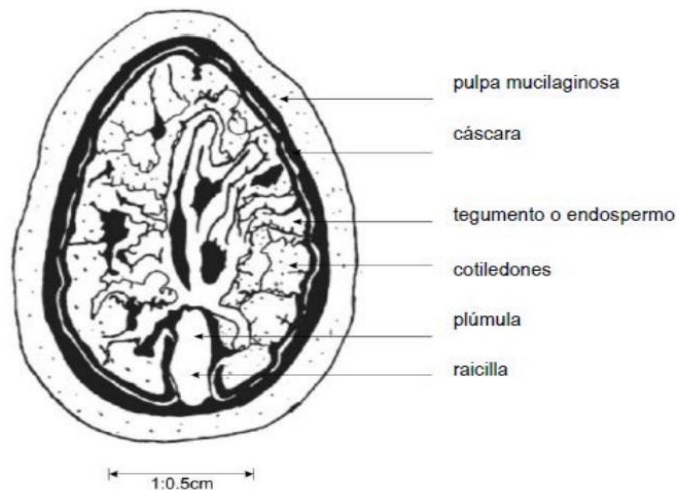
Fuente: (Teneda Llerena, 2016)

Figura 1. Partes de la mazorca de cacao.



Fuente: (FAO, 2013)

Figura 2. Partes del grano de cacao.



Fuente: (FAO, 2013)

4.1.3. Variedades del cacao

Los tipos de cacao se clasifican en tres grupos principales: criollo, forastero y trinitario.

- El cacao criollo desarrollado en el norte de América del Sur y América Central, son frutos de finas paredes, de color rojo o amarillo. Las semillas son grandes, redondas, de color blanco o púrpura pálido, no astringente, y son los que producen el chocolate más alta calidad. Por desgracia, los tipos criollo son de bajo rendimiento y susceptibles a muchas enfermedades, y son raramente cultivados.
- El cacao tipo forastero son de la cuenca del Amazonas, y tienen una pared gruesa, fruta suave, generalmente de color amarillo. Las semillas son aplanadas y de color púrpura. El tipo de cacao forastero es muy productivo y es el que domina la producción de cacao en el mundo.
- El tipo de cacao trinitario surgió en Trinidad, como un híbrido de los tipos criollo y forastero. Son muy variables, y se considera de alta calidad para la

producción de chocolate y derivados del cacao (De La Cruz Medina, Vargas Ortiz, y Del Angel Coronel, 2009).

4.1.4. Proceso del beneficiado del cacao

Beneficiar cacao es efectuar un conjunto de actividades que empiezan con la cosecha o recolección de las mazorcas o bellotas, la partida de éstas y la extracción de los granos, continúa con la fermentación y el secado y termina con la limpieza y la selección de los mismos. Tiene por finalidad ofrecer un grano de buena calidad que permita la elaboración de productos alimenticios con las características de sabor y aroma a chocolate. También el beneficio del cacao permite obtener un grano adecuado para el almacenamiento, labor muy importante que realizan los comerciantes y fabricantes de chocolates, más que el productor (Moreno y Sánchez, 1989).

A continuación, se detalla el proceso de beneficiado de cacao desde la cosecha hasta el secado del grano.

4.1.4.1. Cosecha y quiebra

Consiste en la recolección de los frutos o mazorcas maduras; se abren y se les sacan las almendras frescas. La apertura o quiebra de las mazorcas se puede hacer en el campo o en el lugar de fermentación y secado, para lo cual se puede usar un machete en la mano. Las semillas se transportan en cajas de madera o en sacos plásticos hacia el lugar de fermentación. No se deben poner en contacto con materiales de metal. En caso de abrir las mazorcas en el "beneficio" las almendras se pueden poner en los fermentadores, (Gaitán, 2005).

4.1.4.2. Fermentación

La fermentación es un proceso en donde las semillas de cacao cubiertas de pulpa o baba se amontonan en cajones o cajillas para aumentar su temperatura y se desprenda el mucilago. El proceso de fermento necesita realizarse en sitios cubiertos y cerrados libre de viento para que la temperatura del grano de cacao sea constante, (Avila, Campos, Guharay, y Camacho, 2013).

La síntesis del proceso de fermentación se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Sinopsis del proceso de fermentación.

1er día	3er 4to día	5to día
<ul style="list-style-type: none"> • Pulpa muy ácida (pH 3.5) • Masa fermentada de color blanco. • pH 6.5 del interior de la semilla. • Interior de la semilla de color violeta. • No hay desarrollo de calor. • Olor agridulce, aromático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Masa fermentada está ácida (pH 4.5). • Masa fermentada de color café clara. • pH 4.5 del interior de la semilla. • Interior de la semilla de color violeta sus bordes de color café. • Aumento de la temperatura de la masa fermentante a 45-50°C. • Fuerte olor a ácido acético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Masa fermentada está adecuada (pH 5.5). • Masa fermentada de color café. • pH 5.5 del interior de la semilla. • Interior de la semilla color café. • El olor a ácido acético es menos fuerte.

Fuente: (Riera, 2009)

4.1.4.2.1. Tipos de fermentadores

Existen muchos tipos o clases de instalaciones para fermentar el cacao, pero las más utilizadas son las siguientes:

- **Cajones de madera a un nivel:** Los fermentadores se construyen de madera, porque este material garantiza un cacao de buena calidad, con buen

olor, sabor, color y apariencia; se diferencian por su forma y su tamaño (Teneda Llerena, 2016).

- **Fermentación en lona o saco:** Consiste en dejar las almendras en dichos sacos para que ocurra el proceso de fermentación. En estos se debe ser cubiertos con plástico u hojas de plátano, o bijao para evitar la pérdida de temperatura, (Riera, 2009).
- **Montones:** En este sistema, se coloca sobre el piso una capa de hojas de plátano (musácea, perteneciente a la familia Musaceae) o esteras construidas con materiales vegetales secos, que sirve de base y facilita el drenaje del exudado. Los granos se colocan sobre las hojas formando rumas que se cubren con el mismo tipo de hojas y en ocasiones con sacos de yute para evitar la fuga de calor. Los montones no deben estar expuestos directamente al sol, por eso se construyen cobertizos cuya base estará aproximadamente a 80 cm del suelo (Teneda Llerena, 2016).

4.1.4.3. Lavado

El propósito del lavado de la almendra después de la fermentación es el de remover todos los residuos de pulpa que normalmente quedan adheridos a las semillas luego de la fermentación, la principal ventaja es dar al cacao una buena apariencia comercial. Otra importante ventaja es que al remover los residuos de la pulpa que son higroscópicos y que atraen agua y son un punto de crecimiento de enfermedades, se reducen los chances de tener pérdida de calidad (Johnson, Bonilla, y Castillo, 2008).

4.1.4.4. Secado

Se recomienda secar el cacao sobre una superficie de material natural y limpia, separada del piso, usando tendales, camillas, esteras o tarimas. También se puede construir instalaciones tipo Elba, con gavetas de madera corredizas, con rodos que facilitan proteger el cacao de la lluvia, del frío y rocío de la noche. Al inicio, el secado

debe ser lento o suave para que se libere el ácido acético (vinagre) y agua dentro del grano, (Dubón, 2016).

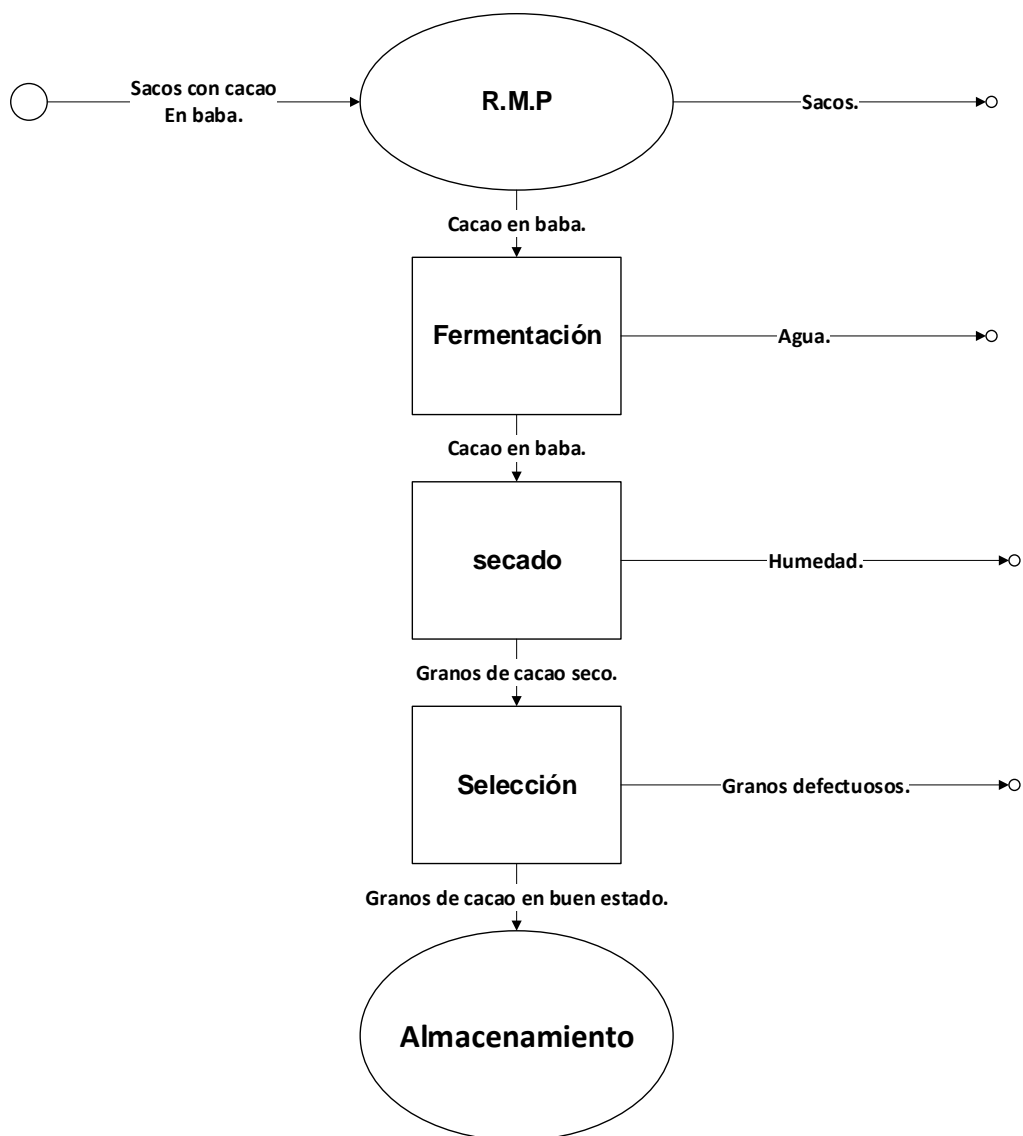
4.1.5. Objetivos del beneficiado de cacao.

- La descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para de esta forma facilitar el secado, conservación y almacenamiento del grano.
- Elevar las temperaturas para matar al embrión de la semilla, lo cual facilita el desarrollo del sabor a chocolate.
- Mejorar el sabor y aroma de las almendras.
- Facilitar el proceso de la separación final del cotiledón y la cutícula que lo recubre.
- Presentar un producto con una buena apariencia para el mercado.

4.1.6. Diagrama de Flujo del Beneficiado de cacao.

A continuación, se presentará en la figura 3 el proceso de beneficiado que se lleva a cabo el cual consta desde la recepción de la materia prima (almendras de cacao en baba), hasta el almacenamiento de las almendras ya secas.

Figura 3. Proceso general del beneficiado de cacao.



Fuente: (Avila et al., 2013).

4.1.7. Defectos en el grano de cacao

Granos Pizarrosos: Se reconocen por su característico color pizarra y textura de queso. El chocolate preparado con estos granos es de color gris oscuro, extremadamente amargo y astringente y ausente de sabor. Son granos que se secan antes de que se haya iniciado cualquier proceso de fermentación. Ocurren cuando hay una mezcla inadecuada de la masa de almendras.

Granos mohosos: Los mohos internos constituyen uno de los defectos más graves porque, aún en pequeña proporción, dan lugar a malos sabores (rancio, pasados o a rincón). Algunos mohos pueden originar sustancias dañinas para la salud pública (micotoxinas). Los mohos generalmente se forman cuando el secado es lento o muy prolongado, cuando no se revuelve bien o cuando su contenido de humedad es mayor del 8%.

Granos germinados: Es un defecto que se origina antes de la fermentación y normalmente ocurre cuando las mazorcas se cosechan sobre maduras. Los granos ya están germinados o se germinan al comienzo de la fermentación. El germen del grano se desprende y deja un hueco redondo en la testa o cascarilla. El grano queda predispuesto a ser invadido por hongos o al ataque de insectos.

Granos planchos o arrugados: Son granos imperfectamente desarrollados con muy poco contenido de almendra (se conoce comercialmente como pasilla). Su presencia merma el rendimiento y es necesario separarlos por medio de zarandas o máquinas clasificadoras (Cubillos et al., 2008)

4.2. Análisis sensoriales

El concepto de calidad sensorial ha ido evolucionando desde que, en 1959, Kramer la definió como “Conjunto de características que diferencian entre distintas unidades de un producto y que influyen en aceptación del mismo por el consumidor”. Algunos

autores consideran más importante la primera parte de esta definición y para ellos, la calidad sensorial de un alimento depende principalmente de las características del propio alimento, (Costell, 2005).

4.2.1. Tipos de pruebas para análisis sensorial.

La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados. La información sobre las características sensoriales específicas de un alimento requiere pruebas orientadas al producto, (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1992).

4.2.1.1. Pruebas orientadas al consumidor

En las pruebas orientadas hacia las preferencias del consumidor, se selecciona una muestra aleatoria numerosa, compuesta de personas representativas de la población de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores. En las pruebas con consumidores no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben ser usuarios del producto. Por lo general, para este tipo de pruebas se entrevistan de 100 a 500 personas, (Watts et al., 1992).

4.2.1.2. Pruebas orientadas al producto.

En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas

seleccionados por su agudeza sensorial, los que han sido especialmente entrenados para la tarea que se realizará, (Watts et al., 1992).

4.2.1.3. Bioquímica de la fermentación de cacao

La fermentación puede caracterizarse como un proceso con dos etapas:

Una etapa de hidrólisis o fase alcohólica se sucede en condiciones anaeróbicas, donde intervienen microorganismos como levaduras, que transforman el azúcar de la pulpa en alcohol y anhídrido carbónico, a la vez que comienza a elevarse la temperatura. Conforme se produce el colapso de las células de la pulpa, hay penetración de aire y se favorece la oxidación del alcohol a ácido acético, con la intervención de bacterias acéticas inoculadas por los insectos denominados “mosquitos del guarapo.

La etapa de oxidación se inicia inmediatamente cuando hay mayor penetración de oxígeno, consiste esencialmente en la oxidación y condensación de los compuestos polifenólicos en productos complejos, aminoácidos volátiles soluble e insolubles que tienen poco o ningún sabor. Paralelamente con la condensación oxidativa, disminuye el contenido de humedad, hasta el punto en que la falta de agua detiene la actividad enzimática. Cuando el oxígeno tiene acceso a las células de los cotiledones durante la fase de condensación oxidativa, el color varía en toda la masa cotiledonar, se inicia el secado y se facilita la penetración del oxígeno al interior de los cotiledones.

Una señal de fermentación satisfactoria es la presencia de un anillo periférico de color pardo en las almendras, indicativo de que debe iniciarse el tendido del cacao para su secado. En los cacaos Criollos se presenta al tercer día y en los Trinitarios entre el quinto y sexto día de fermentación, (Reyes y Capriles, 2009).

La fermentación del grano de cacao y del mucílago adjunto ocurre a través de un número de fases que tiene distintos perfiles microbiológicos y bioquímicos. Durante

la fase anaeróbica inicial de la fermentación (de 24 a 48 h), varios géneros de levaduras, incluyendo *Candida*, *Hanseniospora*, *Saccharomyces*, *Kloeckera*, *Pichia* y *Kluyveromyces*, tienden a predominar, formando alrededor de la mitad de la microflora inicial y subiendo a casi el 90% en su pico. Las levaduras degradan los carbohidratos del mucílago y los mayores productos metabólicos son etanol y CO₂.

Las levaduras también metabolizan citrato de la pulpa, reduciendo sus niveles y por lo tanto incrementando el pH. Desde que la masa es inicialmente aeróbica, hay una pequeña cantidad de ácido acético del etanol producido por bacterias ácido-acéticas. A medida que avanza la fermentación, la masa se torna anaeróbica y el pH es reducido por la formación de acetato. En esta etapa bacterias del ácido láctico como *Lactobacillus* incrementan su número y predominan, mientras los colonizadores iniciales declinan.

Los mayores productos metabólicos durante la segunda fase de la fermentación son ácido láctico, ácido acético, CO₂ y 3-hidroxibutanona. Al avanzar la segunda fase de fermentación, el lactato y acetato empiezan a matar las bacterias ácido-lácticas y el volteo de la masa introduce oxígeno que permite incrementar los colonizadores finales a expensas de los secundarios.

Esta etapa anaeróbica media de la fermentación es seguida por una fase final aeróbica. Estas reacciones se dan incluso durante el secado. Almendras de cacao Nacional y criollos de alta calidad pueden ser fermentadas totalmente en pocos días, mientras que la fermentación de los cacaos forasteros y trinitarios puede tomar hasta 6 días para completar todas las etapas, (Pastorelly, 2013).

Hipótesis

La fermentación del cacao en tinas plásticas o saco de yute proporciona a las bebidas elaboradas a partir de estos, mejor calidad sensorial en cuanto a olor, color, sabor y textura, que la bebida elaborada a partir de granos de cacao fermentados en cajas de madera.

VI. Análisis y presentación de resultados

6.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la finca La Estancia, debido a que ésta presta las condiciones para que se realizara el estudio experimental de fermentación y secado del cacao, también porque está situada en una zona altamente productiva del cacao y en aspectos de clima se encuentran las temperaturas aptas para que se dé con mayor facilidad la fermentación, dicha finca está ubicada en la comunidad El Diamante Km 130 carretera al Tuma La Dalia, Departamento de Matagalpa (Figura 4).

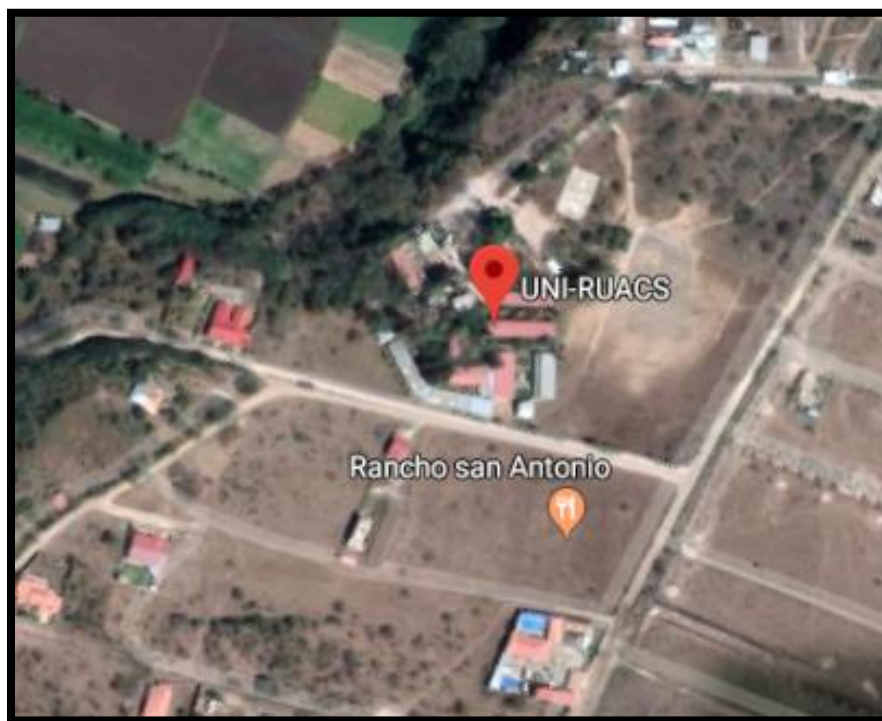
Por otra parte, el análisis sensorial se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Recinto Augusto C. Sandino (Figura 5) y se llevó a cabo con estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial.

Figura 4. Ubicación del estudio experimental.



Fuente: (Googlemaps, 2019)

Figura 5. Ubicación del lugar donde se realizará el análisis sensorial.



Fuente: (Googlemaps, 2019)

6.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo experimental, ya que se evaluaron tres tipos de fermentadores y de esta manera se determinaron las características fisicoquímicas en el grano durante el proceso de fermentación y se estableció cuál de las tres fermentaciones difieren en la calidad de la bebida de cacao elaborada, mediante pruebas sensoriales. Se clasificó como experimental ya que no sólo se identificaron las características que se estudiaron, sino que se controlaron, se alteraron o manipularon con el fin de observar los resultados al tiempo que se procuró evitar que otros factores intervinieran en la observación (Grajales, 2000).

6.3. Diseño experimental

Los granos de cacao con pulpa fueron separados en tres lotes para su fermentación en los tres diseños de fermentador, la variedad de cacao que se utilizó fue criollo. El estado de madurez se determinó según el período de corte realizado por la finca. Se evaluaron tres tipos de materiales para los recipientes de fermentación (madera, plástico y sacos de yute), se hizo por triplicado, en las mismas condiciones ambientales y en el mismo lugar todos los tratamientos, lo que permitió brindar la referencia para evaluar la calidad de los granos durante la experimentación.

Las cajas de madera fueron construidas con madera de Melina, esta madera la sacan de árboles de Melina provenientes de diversas fincas en la zona del Tuma y la Dalia. Cada fermentador fue llenado con 1 quintal de cacao. El virado de los granos se efectuaron a las 48 horas de iniciado el proceso de fermentación, y de 7 días aproximadamente.

Para la investigación los factores considerados fueron: el diseño del fermentador (madera, plástico y saco de yute) y el período de tiempo durante la fermentación (7 días). La unidad experimental está conformada por 1 quintal de cacao por cada tratamiento y 3 repeticiones. A estos se les realizaron análisis fisicoquímicos de temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH) y grados Brix (°Bx).

6.4. Actividades por objetivos específicos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, de acuerdo a las actividades planteadas por cada objetivo específico.

6.5.1. Caracterización de los granos de cacao antes de la fermentación.

Primeramente, se recolectaron los granos de cacao criollo, para el traslado a la finca donde se realizaron los montajes. Antes de comenzar la fermentación se procedió a hacer pruebas físico-químicas que incluyeron las siguientes.

- ✓ Medición de la temperatura: se realizó con un termómetro digital de sonda con un rango de temperatura de 0 - 250°C (ver figura 6), estas mediciones se tomaron en cinco puntos diferentes de manera que se forme una X esto se hizo para el cajón, en el recipiente plástico y en el saco de yute para sacar un promedio por cada una de las fermentaciones. Los resultados se muestran en la tabla 3 y en la figura 7.

Figura 6. Termómetro digital de sonda



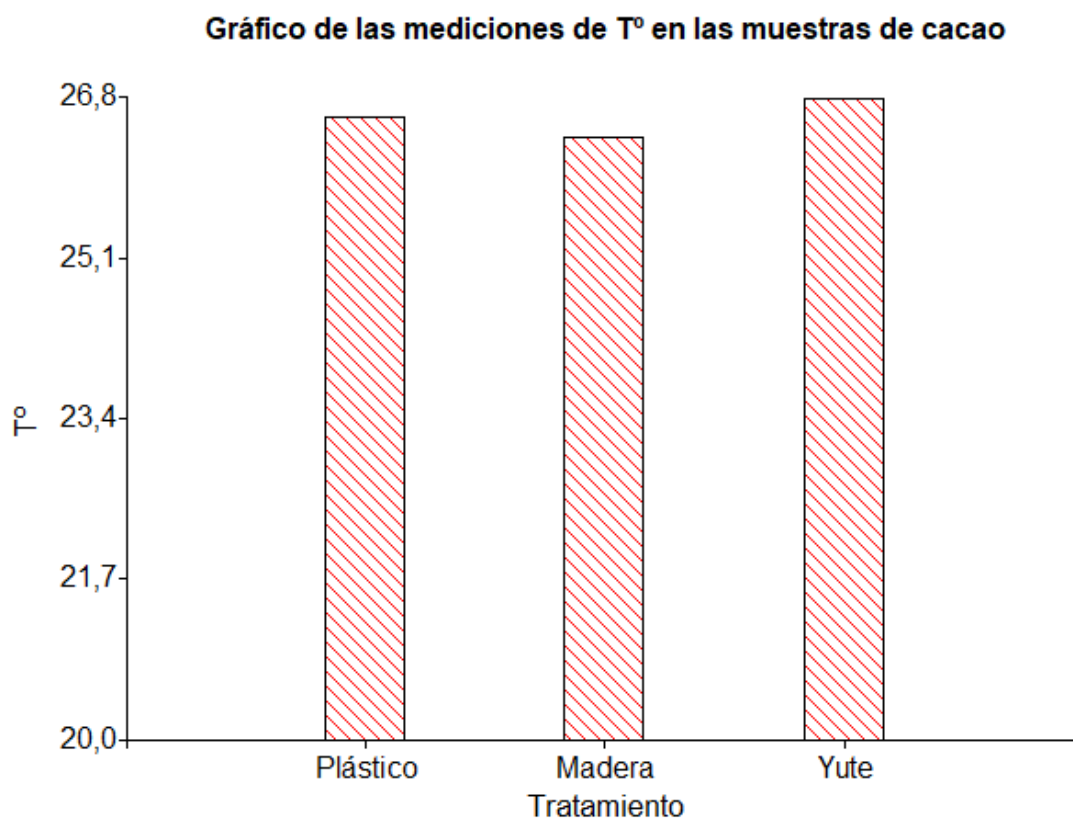
- Termómetro digital de acero inoxidable, se pueden preestablecer las temperaturas con las cuales uno utilizara, estas se cambian manualmente.
- Rango de temperatura: 32 ° F a 482 ° F y 0 ° C a 250 ° C.
- ° F / ° C conmutable.
- Placa frontal de acero inoxidable
- Sonda de acero inoxidable con cordón trenzado
- Espalda magnética con soporte.

Fuente: (Ebay, 2019)

Tabla 3. Datos de temperaturas en las muestras de cacao antes de la fermentación.

Punto	Temperaturas °C		
	Tina Plástica	Cajón de madera	Saco de yute
1	26	26	27
2	26	27	26
3	27	26	27
4	26	26	28
5	28	27	26
Promedio	26.6	26.4	26.8

Figura 7. Medición de temperaturas antes de la fermentación.



La toma de estos datos se realizó previo al proceso de fermentación del cacao este había sido recientemente cosechado por lo cual todos los granos presentan temperaturas muy similares, a como se muestra en la figura 7, de aproximadamente 26 a 27 °C.

- ✓ **Medición del potencial de hidrógeno (pH):** se determinó la acidez o la alcalinidad que contiene el cacao con mucilago con un medidor digital de pH (ver figura 8), según estudios, la pulpa tiene un pH de 3.5 y el interior de la semilla de 6.5 (Riera, 2009), de igual manera se tomaron las muestra en 5 puntos diferentes y se realizó el promedio de las mediciones. Los resultados se muestran en la tabla 4 y en la figura 9.

Figura 8. Medidor digital de pH marca ATC.



Especificaciones:

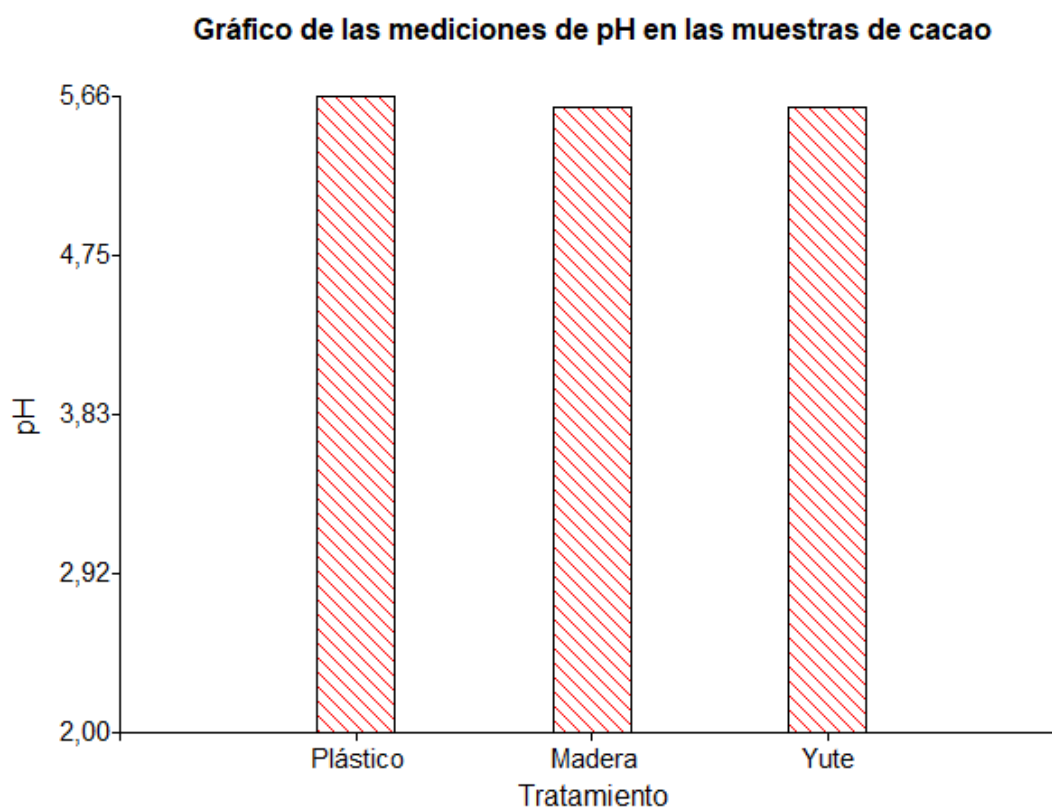
- Peso: 65 g
- Tamaño: 15 x 3 x 1.5 cm
- Gama de medición de pH: 0,0 a 14,0 pH.
- Resolución: 0.1 pH
- Precisión: $\pm 0,1$ pH (20°C), $\pm 0,2$ pH
- Temperatura se funcionamiento: 0 – 50 °C (32 – 122 °F)
- Calibración manual

Fuente: (Ebay, 2019)

Tabla 4. Datos de pH en las muestras de cacao antes de la fermentación.

Punto	Potencial de hidrógeno (pH)		
	Tina plástica	Cajón de madera	Saco de yute
1	5,7	5,6	5,7
2	5,7	5,6	5,5
3	5,6	5,6	5,6
4	5,7	5,6	5,6
5	5,6	5,6	5,6
Promedio	5.7	5.6	5.6

Figura 9. Medición de pH antes de la fermentación.



La toma de estos datos se realizó previo al proceso de fermentación del cacao por lo cual todos presentan pH muy similares a como se muestra en el gráfico, de aproximadamente 5.6, según Riera (2009) el valor de potencial de hidrógeno inicial

de 3.5 en la pulpa y 6.5 en el interior de la semilla así que se puede ver que estos valores difieren de los valores obtenidos en el experimento.

- ✓ **Porcentaje de azúcares presentes en el cacao:** se trabajó con un refractómetro de reflexión a la luz solar (ver figura 10), este determinó el resultado de cuantos sólidos solubles se encontraron en la masa, de igual manera se tomó una muestra en 5 puntos diferentes y se realizó un promedio para determinar cada dato, esta medición se hizo a 25 °C. Se muestra el resultado en la tabla 5 y en la figura 11.

Figura 10. Refractómetro analógico de 0 a 30 °Bx.



- Material: metal y plástico
- Tamaño: El refractómetro: 17 x 4 cm

Rango de medición

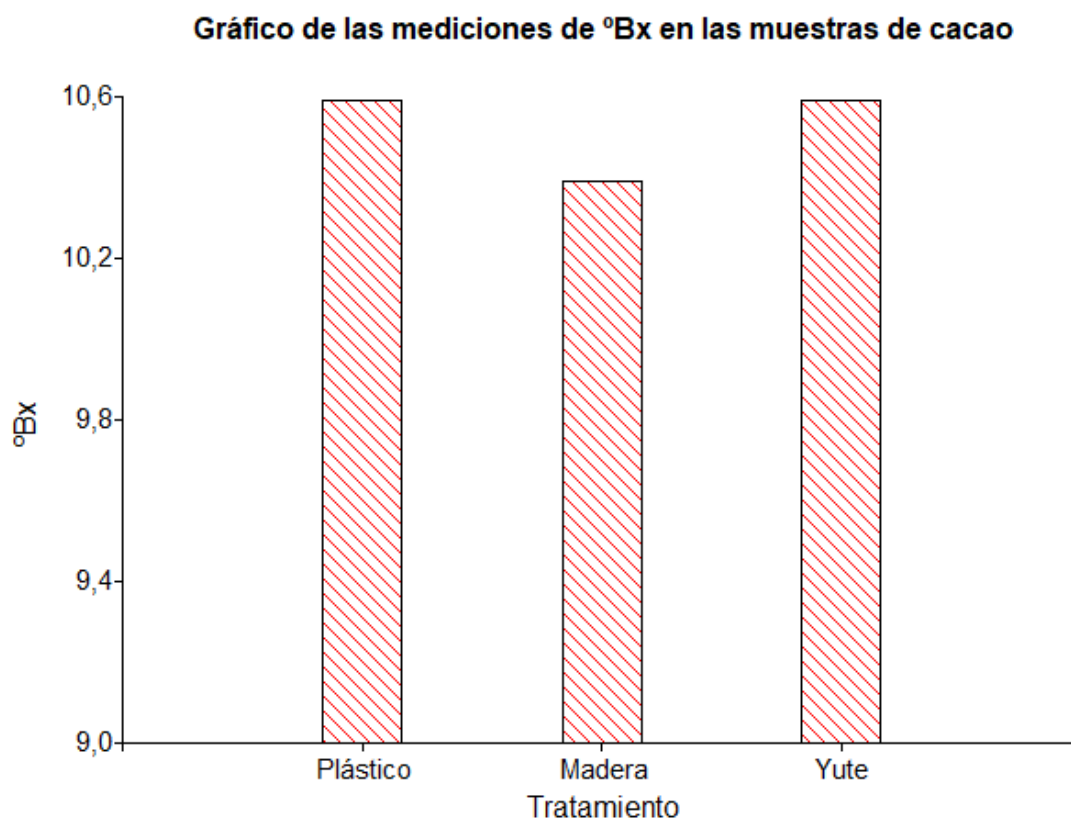
- Azúcar: 0-32% (solo para Brix)
- Compensación automática de temperatura (ATC): 10 ° C ~ 30 ° C (50 ° F a 86 ° F)

Fuente: (Ebay, 2019)

Tabla 5. Datos de °Brix en las muestras de cacao antes de la fermentación.

Punto	°Brix		
	Tina plástica	Cajón de madera	Saco de yute
1	10	11	11
2	11	10	10
3	11	10	11
4	11	11	11
5	10	10	10
Promedio	10.6	10.4	10.6

Figura 11. Medición de °Brix antes de la fermentación.



Se puede observar que el resultado en °Bx es similar para todos los tratamientos, este es de 10 °Bx a 11 °Bx aproximadamente, esto se debe a que la toma de estos datos se hizo previo a iniciar el proceso de fermentación ya que el mucilago aun goteaba y se podía realizar la lectura en el refractómetro, posteriormente el mucilago

no presentaba las características necesarias para la toma de este dato porque estaba muy seco y adherido a la superficie del grano, además el cacao utilizado es el mismo para los tres tratamientos, según estudio realizado por estudiantes de la facultad de ciencias pecuarias de la Universidad Técnica de Quevedo los °Brix en el mucilago de cacao criollo es de 15 °Bx, (Vallejo et al., 2010), pero se sabe que esto solo es un indicativo de la presencia de solidos solubles en la muestra que se tome, este no es un dato general, es un dato cambiante.

6.5.2. Determinación del material de los fermentadores y las técnicas del diseño del experimento para la obtención del grano fermentado

Los materiales que se utilizaron en el estudio fueron la madera, plástico y saco de yute, como se muestran en las figuras 12,13 y 14; ya que tradicionalmente el material utilizado para la fermentación del cacao son los cajones de madera de melina, por tanto, se experimentaron materiales diferentes a este, como el plástico y el saco de yute, así se pudo comparar la calidad de la bebida elaborada de cacao fermentado de cada tipo de material probado.

De igual forma se utilizó el termómetro de sonda para determinar las temperaturas durante el proceso, esto se realizó dos veces al día, a las 08:30 a.m y a las 04:30 p.m, el potencial de hidrógeno se tomó a la misma hora que la temperatura, el cacao se viró la primera vez a las 48 horas y posteriormente se viró día de por medio.

Figura 12. Tinas Plásticas.



Diámetro externo: 0.65 metros

Diámetro interno: 0.45 metros

Alto: 0.38 metros

Cuenta con una capacidad de 1 quintal.

Figura 13. Saco de yute.



El saco de yute cuenta con una capacidad de 1 quintal

Figura 14. Cajones de Madera.



Ancho: 0.61 metros

Largo: 0.61 metros

Alto: 0.63 metros

Espacio entre piso y el cajón: 0.13 metros

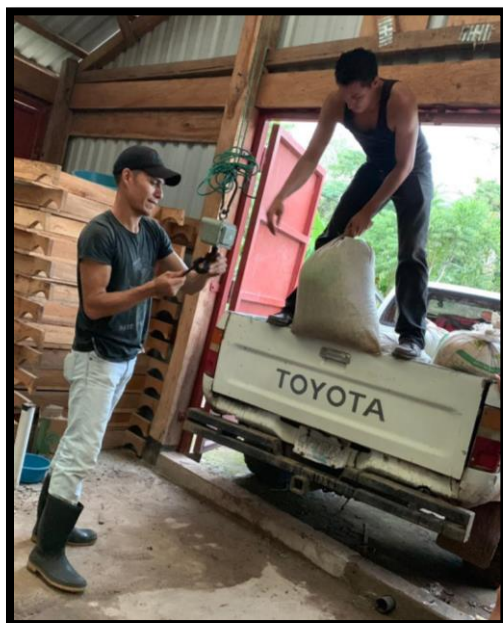
Una capacidad de 4 quintales.

6.5.3. Proceso de beneficiado de cacao, elaboración y prueba sensorial de bebida de cacao.

A continuación, se presenta el proceso de beneficiado que se llevó a cabo desde la recepción de la materia prima (almendras de cacao en baba), hasta la selección de granos en buen estado para la posterior elaboración de bebida de cacao para prueba sensorial (ver figura 16).

Recepción de materia prima: se recibieron los sacos llenos de cacao en baba el cual estaba recientemente cosechado, se cosecharon el mismo día que fueron recepcionados, para evitar que el grano de cacao llegara un poco fermentado (ver figura 15).

Figura 15. Recepción de cacao en baba.



Pesado: se pesó el cacao (ver figura 16) y se procedió a realizar la caracterización de este, es decir se tomó la temperatura antes de llevarlo al fermento, se tomaron los datos de potencial de hidrógeno con el que llegó y por último se tomaron los datos de °Brix, estos datos no son suficientes para caracterizar el grano, pero solamente se tomaron estos datos por falta de equipo y presupuesto.

Figura 16. Pesado de cacao en baba.



Llenado: en este punto se realizó el llenado de los fermentadores los cuales eran 3 tinas plásticas (Figura 17), 3 cajones de madera (Figura 18) y 3 sacos de yute (Figura 19), cada fermentador contenía 1 quintal de cacao, es decir en total fueron 9 quintales de cacao.

Figura 17. Tinas plásticas llenas de cacao para fermentar.



Figura 18. Cajones de madera llenos de cacao para fermentar.



Figura 19. Sacos de Yute llenos de cacao para fermentar.



Fermentación: una vez llenos los fermentadores se inició el proceso de fermentación del cacao, el cual consistía en amontonar los granos de cacao con el fin de que la temperatura aumentara y empezaran los cambios físicos y químicos que potenciarían las características organolépticas del grano, en este proceso se tomaban los datos de temperatura y potencial de hidrógeno dos veces por día ya que estos datos dejaban saber si la fermentación se estaba dando de una manera adecuada, otro indicativo fue la prueba de corte la cual consistió en la recolección de muestras de granos al azar donde se cortaba el grano a lo largo obteniendo dos mitades para ver cómo iba la fermentación esta prueba da indicativos por color y quiebre del grano cuando va bien la fermentación empieza a perder la coloración amoratada y a crear surcos en la semilla (ver figura 20), esto según estudios se realiza normalmente con el cacao ya seco, ya que se considera que hasta que ha secado termina la etapa de fermentación (Pérez y Contreras, 2017), el proceso de fermentación fue de 6 días en cajón de madera y 7 días en tinas plásticas y sacos de yute.

Figura 20. Prueba de corte durante el proceso de fermento.



Secado: al finalizar el proceso fermentativo se llevó el cacao al secado esto se hizo nuevamente amontonando los granos de cacao, pero en este caso se realizó en parrijuelas (ver figura 21), las cuales estaban a exposición indirecta del sol, diariamente se removía el cacao dos veces al día para oxigenarlo y ayudar también

a que se fuesen secando los granos de manera uniforme hasta alcanzar un porcentaje de humedad adecuado para ser almacenado sin riesgo de que se desarrollen hongos (ver figura 22), al finalizar la etapa de secado se realizó la prueba de corte para tener un indicativo de si la fermentación se dio bien o no (ver figura 23), según estudios un grano bien fermentados tiene surcos internos bien definidos y coloración que varía desde el café claro hasta el café oscuro y surcos bien marcados en interior de la semilla, (Pérez y Contreras, 2017).

Figura 21. Secado de cacao en parrijuela.

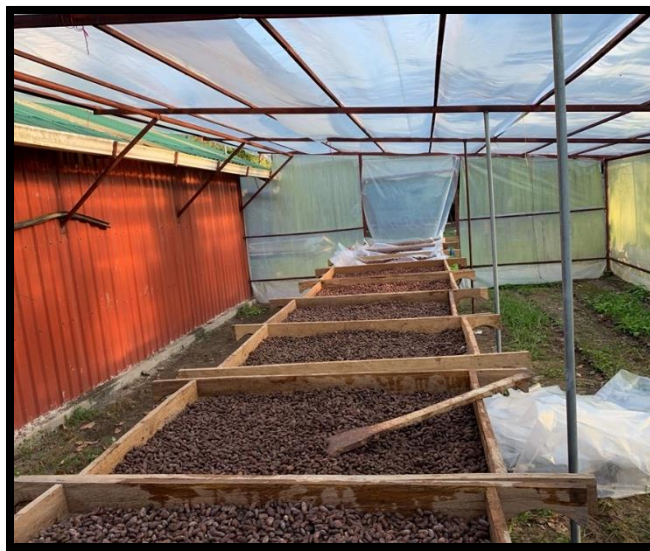
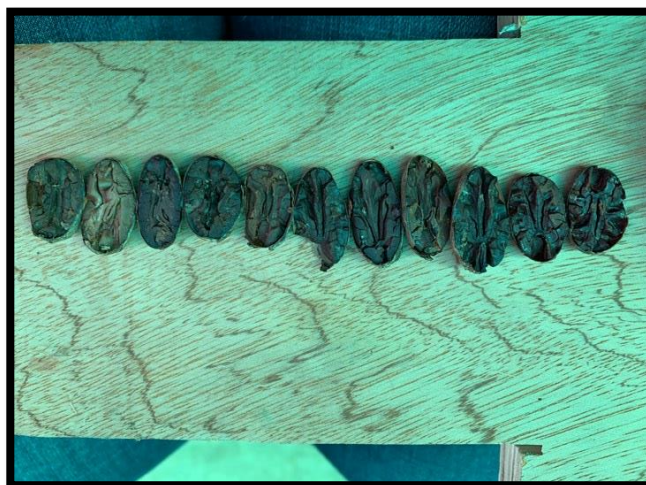


Figura 22. Remoción de cacao en parrijuelas.



Figura 23. Prueba de corte.



Selección: al finalizar el proceso de beneficiado se procedió a seleccionar las muestras de cacao que serían utilizadas para la elaboración de la bebida de cacao, es decir se eliminaron granos defectuosos y cualquier impureza que estuviera presente.

Tostado y pelado: se procedió a tostar las muestras de cacao previamente limpias resultantes de los diferentes tratamientos una vez tostadas las muestras se dejaron enfriar un poco para luego pelar los granos de cacao o retirar la cascarilla.

Molienda: se molieron los granos de cacao previamente tostados y pelados.

Preparación de bebida: una vez molido el cacao se elaboró la bebida de cacao la cual estaba formulada de la siguiente manera, 80% agua, 16.5% cacao molido, 3.5% azúcar, la bebida se formuló de esta manera para evitar en lo posible que las características que serían evaluadas se vieran alteradas por otro ingrediente.

Análisis sensorial: para poder realizar la prueba sensorial se seleccionó un grupo de estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial de la UNI RUACS, los cuales fueron previamente entrenados (ver figura 24), para poder realizar la prueba sensorial correctamente, luego se les dio a probar las bebidas resultantes de las diferentes muestras de cacao (figura 25), lo cual arrojó los resultados de que muestra de cacao presentaba las mejores características organolépticas.



Figura 24. Entrenamiento del panel sensorial utilizando salsa de tomate.

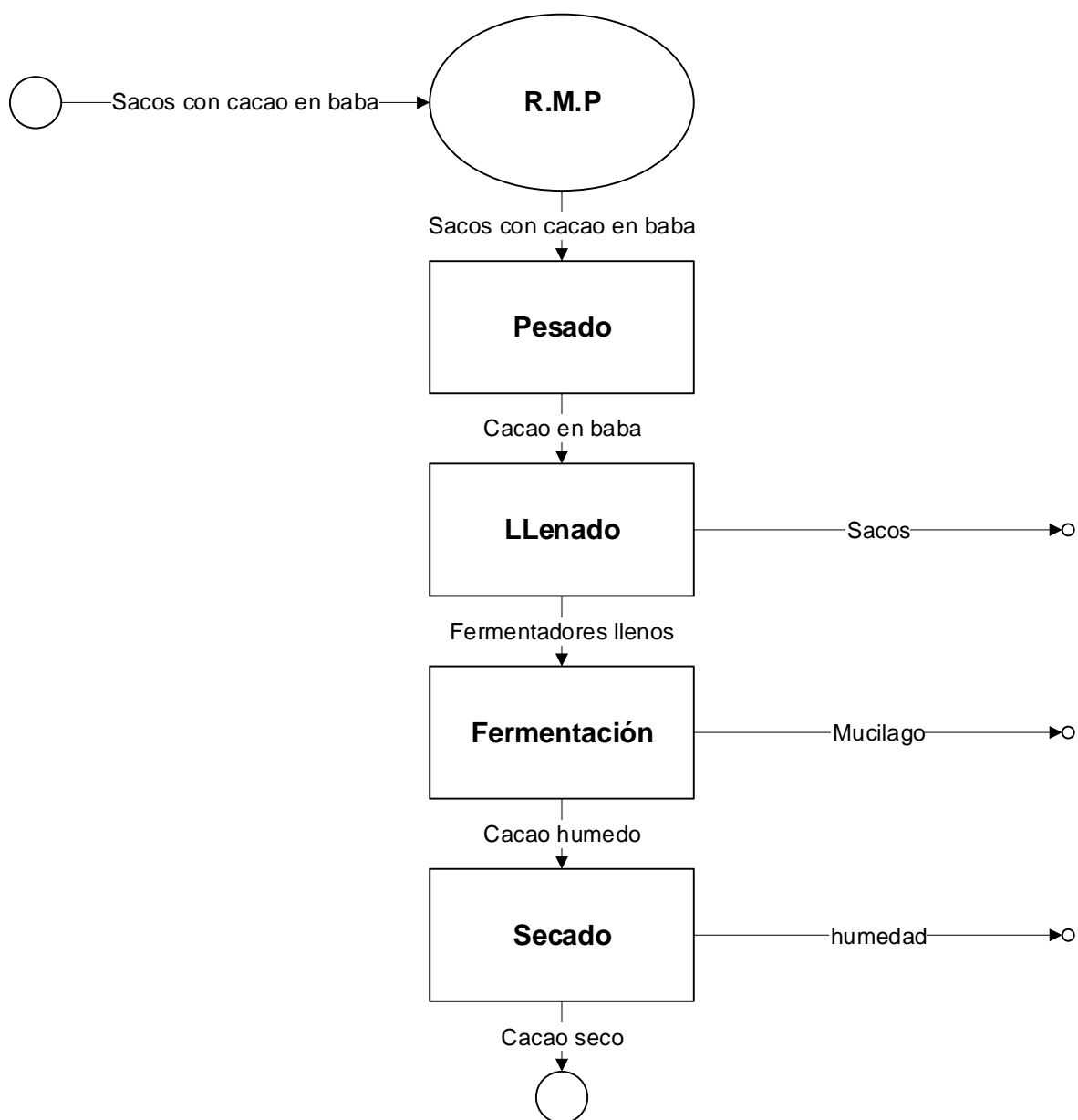
Figura 25. Degustación de bebida de cacao por el panel sensorial.

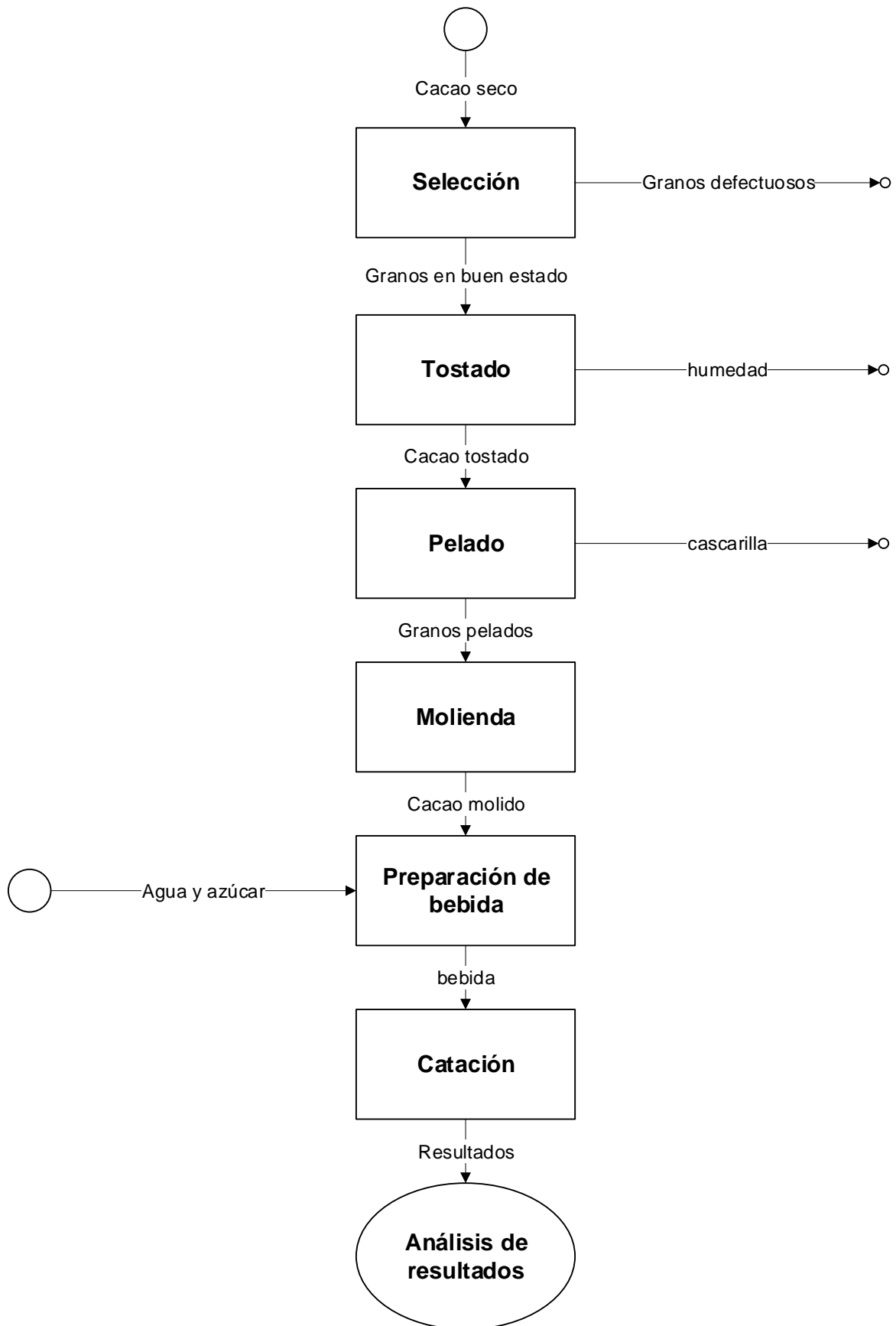


Análisis de los resultados: una vez que se obtuvieron todos los resultados se procedió a realizar análisis de varianza para conocer que método fermentativo proporcionó las mejores características organolépticas en los granos de cacao y saber si se percibió o no diferencia entre las muestras de cacao al final de todo el proceso.

En la figura 26 se resume todo el proceso llevado a cabo desde la fermentación de los granos de cacao, la elaboración de la bebida de los granos fermentados y secos, y el proceso de análisis sensorial.

Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de beneficiado de cacao, elaboración y prueba sensorial de bebida.





6.5.4. Pruebas físico-químicas y monitoreo de los cambios que se presenten en las muestras durante la fermentación del cacao.

Se caracterizaron los granos de cacao fermentados para comparar las técnicas aplicadas por medio de análisis estadístico, haciendo muestreos de las distintas fermentaciones y rotulando las materias primas para iniciar el proceso de elaboración de bebida de cacao, esto llevó a la determinación del proceso de elaboración de bebidas de cacao para posteriormente procesar la materia prima, para llevar a cabo estas evaluaciones se estuvieron utilizando los métodos ya explicados anteriormente en las pruebas iniciales, además se utilizaron los mismos equipos. Los resultados obtenidos, de acuerdo con cada prueba realizada se muestran a continuación.

6.5.4.1. Temperatura

La toma de este dato se realizó durante todo el proceso fermentativo y de secado es decir que este dato se tomó desde la llegada del cacao hasta finalizar el proceso de beneficiado, se tomaba diariamente dos veces al día, primeramente, en la mañana y posteriormente por la tarde, este dato se les tomaba a todos los tratamientos para comparar los resultados y analizar las diferencias entre ellos, para esto se utilizó un termómetro de sonda (ver figura 28 y 29).

Los resultados de la medición de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) de los tres tratamientos de fermentos evaluados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Datos de temperaturas de los de los granos fermentados y secos.

Temperaturas (°C)									
Día de fermentación	Plástico 1	Plástico 2	Plástico 3	Madera 1	Madera 2	Madera 3	Yute 1	Yute 2	Yute 3
1- Mañana	26	26	27	25	26	26	26	26	26
1-Tarde	30	30	30	30	31	31	28	30	35
2-Mañana	29	30	31	30	29	30	31	32	33
2-tarde	29	30	30	32	31	44	31	36	38
3-Mañana	28	28	39	43,6	42	43,2	43	43	45
3-Tarde	31	31	40	46	45	42	45	47	44
4-Mañana	37	29	46	38	33	32	42	47	38
4-Tarde	42	32	45	38	42	35	47	47	43
5-Mañana	34	28	43	35	43	34	46	46	46
5-Tarde	31	28	45	36	39	34	46	47	46
6-Mañana	47	38	38	37	38	33	41	47	45
6-Tarde	44	46	43	38	38	36	45	46	48
7-Mañana	39	43	36	-	-	-	44	45	45
Promedio	34.4	32.2	37.9	35.7	36.4	35	39.6	41.5	40.9
Promedio total °C	34.8			35.7			40.7		

Se alcanzó un promedio de temperatura de los granos en tratamiento de tinas plásticas de 34.8 °C, en cajones de madera de 35.7 °C y en el caso de los sacos de yute de 40.7 °C, como se pueden observar entre las temperaturas más altas que se alcanzaron están las de sacos de yute logrando temperaturas de hasta 48°C siendo estas temperaturas optimas de fermentación según Riera ya que dice que las temperaturas de fermentación deben superar los 40 °C, (Riera, 2009).

- **Análisis estadístico de los datos de temperatura.**

Para determinar si hay diferencia estadística o no la hay entre los tratamientos en cuanto a humedad, se realizó análisis de varianza con nivel de significación del 5% (p valor = 0.05), los resultados se muestran en la tabla 7, y posteriormente un test de Duncan para determinar el tratamiento diferente, que se muestra en la tabla 8.

Tabla 7. Análisis de varianza de los datos de temperatura en la fermentación.

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	763.11	2	381.55	8.79	0.0003
Error	4819.45	111	43.42		
Total	5582.56	113			

Tabla 8. Test Duncan de Temperaturas en la fermentación.

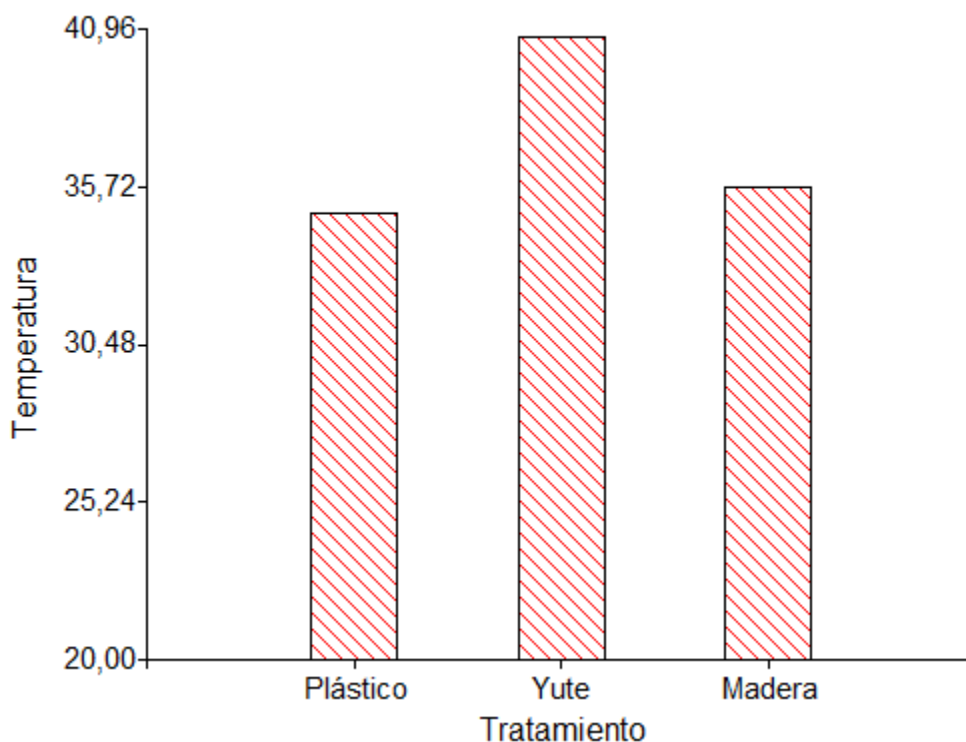
Tratamiento	Medias	n	
Plástico	34.85	39	A
Madera	35.72	36	A
Yute	40.67	39	B

Medias con letra común no son significativamente diferentes

Existe diferencia significativa en las temperaturas de los tres tratamientos ya que el p valor es de $0.0003 < 0.05$ y el test de Duncan muestra que el tratamiento en plástico y en la caja de madera no tienen diferencia entre sí, en cuanto a la temperatura registrada, pero el saco de yute presenta diferencia y una temperatura mayor de las muestras anteriormente mencionadas a como se puede ver en la figura 27.

Figura 27. Variación de temperaturas en el proceso de fermentación.

Gráfico de variación de temperatura en el proceso de fermentación



Se puede observar en el gráfico que las temperaturas en tratamiento en plástico y en cajas de maderas están en un rango similar de temperaturas de aproximadamente 35 °C o incluso menos lo cual es un rango bajo para temperaturas de fermentación ya que dice que las temperaturas de fermentación deben superar los 40 °C, (Riera, 2009), en cambio en saco de yute se mantuvo en temperaturas mayores a 40 °C. Por esa razón el cacao que se estaba fermentando en plástico y en cajas de maderas tuvieron presencia de olores putrefactos ya que hubo un descenso de temperatura posiblemente porque al quedar los recipientes a medio llenar los granos no calentaban bien y se realizó un virado ineficiente, según estudios otras razones es si los granos de cacao son fermentados por demasiado tiempo, el resultado tiene efectos indeseables como putrefacción deterioro del sabor potencial, producción de alta concentración de ácidos, desarrollo de moho en el exterior y sabor mohoso, otro problema es las malas prácticas al virar los granos de

cacao ya que si no se realiza correctamente los azucres que deberían transformarse en alcohol, terminan transformándose en ácido láctico por falta de aeración en la masa, la fermentación entonces se ve afectada por las temperaturas bajas adquiriendo un sabor a jamón en las almendras, (Padilla Torres y Vera santos, 2011).

Figura 28. Toma de temperatura en tinas plásticas



Figura 29. Toma de temperatura en cajón de madera.



6.5.4.2. Pontencial de hidrógeno

La toma de este dato se realizó durante todo el proceso fermentativo, se tomaba diariamente dos veces al día, primero por la mañana y posteriormente por la tarde, este dato se les tomaba a todos los tratamientos para comparar los resultados y analizar las diferencias entre ellos, para esto se utilizó un medidor digital de pH (ver figura 8).

Los resultados de la medición de potencial de hidrógeno (pH) de los tres tratamientos de fermentos evaluados se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Datos de potencial de hidrógeno de granos fermentados y secos.

Potencial de hidrógeno (pH)									
Día de fermentación	Plástico 1	Plástico 2	Plástico 3	Madera 1	Madera 2	Madera 3	Yute 1	Yute 2	Yute 3
1- Mañana	5,7	5,1	5	5,6	4,4	7,2	5,6	4,3	5,3
1-Tarde	5,6	5,1	5,7	5,6	4,3	7,3	5,6	4,3	7
2-Mañana	5,6	5,1	5,6	5,7	4,3	7,1	5,6	4,3	6
2-tarde	5,1	4,6	5,8	5,4	4,4	6,8	5,4	4,4	5,4
3-Mañana	5,2	4,6	5,4	5,3	4,3	7,3	5,3	4,4	7
3-Tarde	5,1	4,5	6,1	5,2	4,6	7,1	5,1	4	6
4-Mañana	5,4	5	5,7	4,8	4,5	7	5,3	4,4	6
4-Tarde	5,6	4	5,4	5,1	4,6	7,7	5	4,4	6,1
5-Mañana	5,3	4,7	5,3	5,1	5,6	7	5,1	4,7	7,2
5-Tarde	5	5,1	6,3	4,5	5,1	7,3	4,8	6,2	7,5
6-Mañana	5	4,6	5,3	4,8	5,3	7,8	5	4,9	7,2
6-Tarde	4,9	5,5	5,3	4,7	6,3	7,2	4,8	7	7
7-Mañana	5	5,4	6,5				4,3	6	7,2
Promedio	5,3	4,9	5,6	5,2	4,8	7,2	5,1	4,9	6,5
Promedio Total	5,3			5,7			5,5		

Se obtuvo un promedio de potencial de hidrógeno de los granos de tinajas plásticas de 5.3, en cajón de madera de 5.7 y en el caso de sacos de yute el promedio fue de 5.5, según estudios realizados el pH al iniciar el proceso fermentativo debe ser de 3.5 y al finalizarlo de 5.5 como se puede observar en la tabla se obtuvieron algunos datos de pH de 4 siendo esta la cifra más cercana al rango de pH inicial, (Riera, 2009) y considerando que al final del proceso se obtuvo en promedio 5.5 de potencial de hidrógeno se puede considerar esto como una valoración adecuada según literatura.

- **Análisis estadístico de los datos de pH**

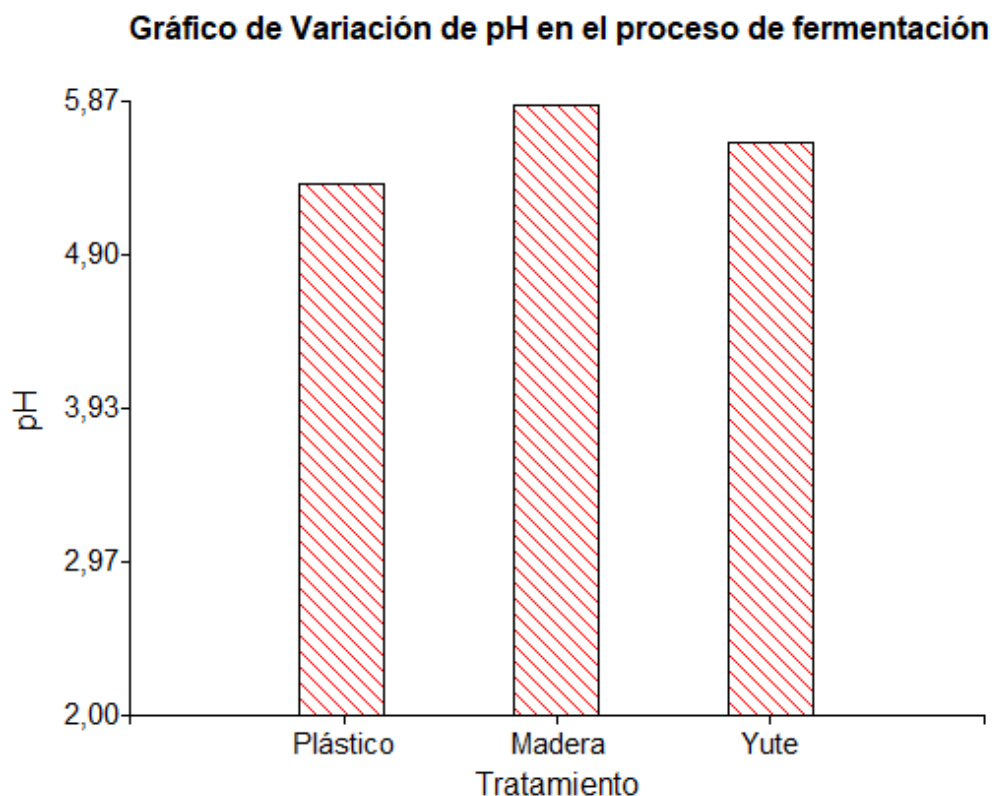
Para determinar si existe o no diferencia estadística entre los tratamientos en cuanto a potencial de hidrógeno, se realizó análisis de varianza con un nivel de significación del 5% (p valor = 0.05), los resultados se muestran en la tabla 10 y la figura 30.

Tabla 10. Análisis de varianza de los datos de potencial de hidrógeno durante la fermentación.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.09	2	2.54	2.72	0.0699
Error	112.21	120	0.94		
Total	117.30	122			

En el caso del potencial de hidrógeno se puede observar que según el análisis de varianza no hubo diferencia significativa entre el pH de los tres tratamientos los cuales eran cajón de madera, tinas plásticas y saco de yute ya que como se puede ver, se obtuvo un p valor de $0.0699 > 0.05$.

Figura 30. Variación de pH en el proceso de fermentación.



Se puede observar que los tres tratamientos en promedio durante el proceso de fermentación obtuvieron valores de aproximadamente 5.5 a 5.8 que según el rango

adecuado de pH que establece la literatura es de aproximadamente 3.5 los primeros días de fermentación y de 5.5 al finalizar el proceso fermentativo, (Riera, 2009) por lo cual se podría considerar que se obtuvieron buenos valores de pH al final del proceso.

6.5.4.3. Humedad

La determinación de la humedad se realizó al final de la fermentación y secado, es decir que se tomó la humedad final de cada tratamiento para comparar los resultados y analizar las diferencias entre ellos. Para esto se hizo por triplicado, en las tres unidades que se designaron por cada tratamiento evaluado, se utilizó un medidor de humedad marca COFFEE PRO MOISTURE-MAC, que se puede observar en la figura 31.

Figura 31. Medidor digital de humedad para granos de cacao.



Fuente: (MoistureMac, 2019)

Los resultados de la medición de humedad de los 3 tratamientos de fermentos evaluados se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Datos de humedad de los granos fermentados y secos.

Tratamientos de fermento	Porcentaje de humedad de grano al final del proceso de fermentación	Promedio de % de Humedad
Tina plástica 1	9.7%	9.56%
Tina plástica 2	9.6%	
Tina plástica 3	9.4%	
Saco de yute 1	9.4%	9.3%
Saco de yute 2	9.2%	
Cajón de madera 1	7.7%	7.36%
Cajón de madera 2	7.1%	
Cajón de madera 3	7.3%	

Se obtuvo un promedio de humedad de los granos en tratamiento de tinas plástica de 9.56%, en el caso de los sacos de yute el promedio del porcentaje de humedad del grano fue 9.3% y en los cajones de madera el promedio fue 7.36 %, como se puede observar el cacao más húmedo fue el fermentado en tinas plásticas y el menos húmedo el grano fermentado en cajones de madera esto ya que se llevó a secar unas horas antes que las demás muestras lo cual es una alteración al resultado final y la madera es un material absorbente.

- **Análisis estadístico de los datos de humedad.**

Para determinar si existe o no diferencia estadística entre los tratamientos en cuando a humedad se realizó análisis de varianza con nivel de significación del 5% (p valor = 0.05), los resultados se muestran en la tabla 12 y 13.

Tabla 12. Análisis de la varianza para humedad final.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.30	2	4.15	81.92	0.0002
Error	0.25	5	0.05		
Total	8.56	7			

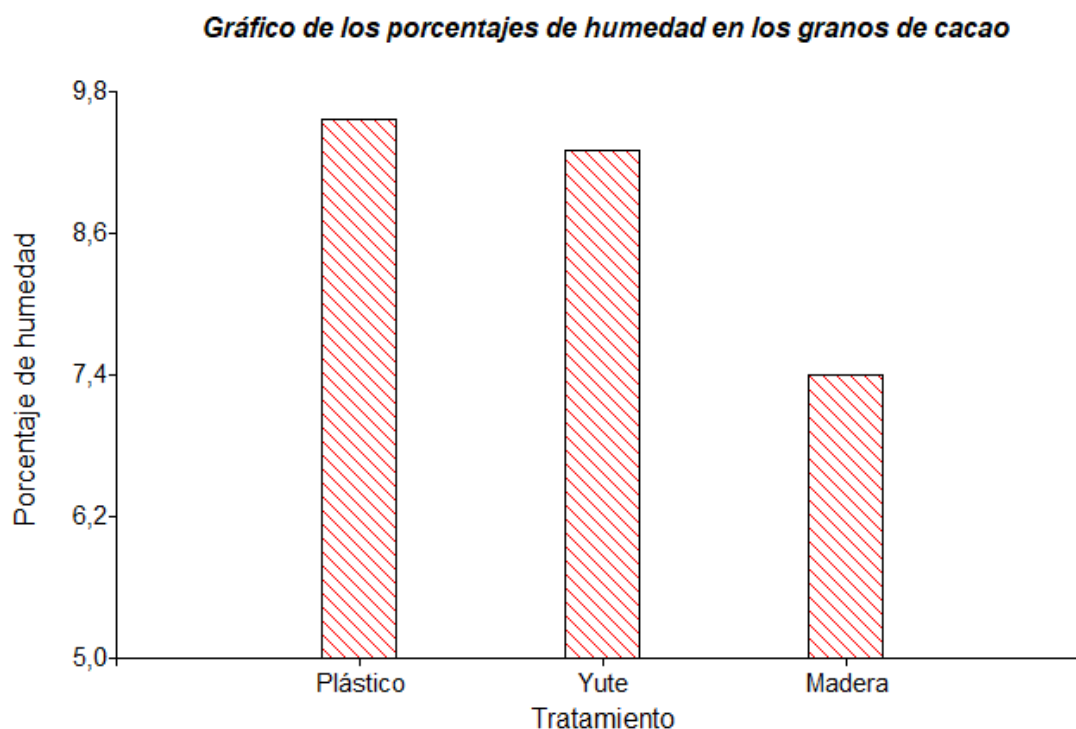
Tabla 13. Test Duncan de porcentaje de humedad en los granos de cacao.

Tratamiento	Medidas	n	
Madera	7	3	A
Yute	9.30	2	B
Plástico	9.57	3	B

Medias con letra común no son significativamente diferentes

Existe diferencia significativa en los porcentajes de humedad de los tres tratamientos ya que el p valor es de $0.0002 < 0.05$ y el test de Duncan muestra que el tratamiento en sacos de yute y en tinas plásticas no tienen diferencia entre sí, en cuanto al porcentaje de humedad, pero el cajón de madera presenta diferencia y un porcentaje de humedad menor que las muestras anteriormente mencionadas a como se puede ver en la figura 32.

Figura 32. Mediciones de humedad en los granos fermentados y secos.



La variación de humedad entre los 3 tratamientos se debió a que el tratamiento que se realizó en cajón se llevó a secado unas horas antes que los demás tratamientos por ende tuvo unas horas de ventaja en el secado y la madera es un material absorbente, dando como resultado el porcentaje de humedad más bajo, esto se tuvo que hacer debido a que estaba emanando un olor característico a amoníaco y tenía una apariencia de polvillo blanco en la parte externa del grano donde estaba desarrollando un tipo de hongo, por esta razón se tomó la decisión de ponerlo al área de secado en ese instante, según estudios realizados el rango normal de humedad al final del proceso de beneficiado debe ser de 7% a 8%, (Fedecacao, 2004), por lo cual se puede considerar que el porcentaje de humedad óptimo sería el de las muestras en cajón de madera ya que al finalizar la etapa de secado obtuvo un 7.36% de humedad.

6.5.5. Evaluación organoléptica del grano de cacao fermentado y procesado como bebida, por medio de análisis sensorial.

6.5.5.1. Establecimiento de paneles sensoriales

El reclutamiento es un punto de partida importante en la formación de un panel sensorial. En el principio de esta etapa se reclutaron candidatos y se escogió la cantidad de 9 estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial para entrenarlos y así se formó un panel de evaluación sensorial, estos candidatos son estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Augusto C. Sandino.

Los candidatos cumplieron con los siguientes requisitos:

- ✓ Interés y motivación.
- ✓ Actitud hacia los alimentos.
- ✓ Conocimientos y aptitudes para interpretar y expresar sus percepciones sensoriales.
- ✓ Buena salud.
- ✓ Aptitud para comunicar y describir las sensaciones percibidas.

- ✓ Disponibilidad para asistir tanto a los entrenamientos y evaluaciones posteriores (International Standard ISO 8586:2012).

Selección y entrenamiento.

Primeramente, se reclutó a las personas para el panel sensorial, el instrumento de prueba para el análisis sensorial es el panel de personas reclutadas y entrenadas para realizar tareas específicas de evaluación sensorial. (Watts et al., 1992)

luego se hicieron un par de pruebas sensoriales donde se pusieron a prueba el sentido del olfato y gusto con sus ojos tapados y por último el de la vista, esto consistía en probar un mismo tipo de producto de marcas distintas para saber si eran capaces de notar las diferencias en sabor, olor y color, la primera prueba realizada fue la prueba sensorial de salsas de tomate donde dos muestras eran iguales y una era diferente, se tenía que determinar cuál era diferente con los ojos tapados, esta misma prueba se realizó dos veces con el fin de saber si eran capaces de diferenciar la muestra distinta ambas veces, para esto se llenaba una encuesta donde los panelistas marcaban con una X la muestra que les parecía diferente, (Ver anexo 1). Posteriormente se realizó otra prueba sensorial, pero en este caso se hizo con café utilizando los mismos pasos anteriormente mencionados.

En el proceso de selección y entrenamiento, la elección de las pruebas y de las sustancias que se utilizaron se hizo en función de las aplicaciones previstas y de las propiedades que se iban a evaluar. Para el proceso de selección los panelistas fueron evaluados a través de una prueba discriminativa, conocida como Test Triangular que permitió medir las propiedades sensoriales de los alimentos e identificar las diferencias entre los productos, donde se les presentaron 3 muestras siendo dos de ellas iguales y una diferente, los panelistas tenían que distinguir cual era la diferente, (Flores Vera, 2015).

El entrenamiento se llevó a cabo durante 3 días, el primer día se trató de familiarizar y explicar el objetivo de la investigación posteriormente el mismo día los penalistas

fueron sometidos a la primera prueba donde se le colocó una muestra de salsa de tomate, se les brindó una hoja de evaluación en la cual de acuerdo con los atributos y codificación marcarán con una X la que consideren diferente (ver anexo 1).

El segundo día los penalistas fueron sometidos a la segunda prueba donde se le colocó una muestra de café, donde de la misma forma se les brindó una hoja de evaluación en la cual de acuerdo con los atributos y codificación marcaron con una X la que consideren diferente (ver anexo 1).

Análisis sensorial final

Para el análisis organoléptico final se realizó una prueba sensorial afectiva, con escala de Likert de 5 puntos que permitió determinar la aceptabilidad de consumo del producto final, se les recordó a los panelistas entrenados que el objetivo principal era identificar si existen diferencias entre las muestras de los 3 tipos de fermentaciones que se realizaron, se les proporcionó una hoja de evaluación donde valoraron los atributos aroma, color, apariencia, textura y sabor, desde muy malo, hasta muy bueno (Ver anexo 2).

Se elaboró una bebida a base de cacao y agua con las diferentes muestras resultantes de los fermentadores puestos a prueba. La bebida se elaboró con la siguiente composición: 80% agua, 16.5% cacao y 3.5% de azúcar.

Al terminar el entrenamiento se procedió a hacer la prueba sensorial final la cual se realizó con las muestras de cacao para saber cuál de las muestras les gustaba más a los panelistas y así determinar qué tratamiento fermentativo brindó las mejores características organolépticas a los granos de cacao, esta se realizó por medio de una bebida elaborada con las muestras de cacao, en este caso no se tenía que determinar cuál era la muestra diferente, ahora lo que hicieron los panelistas fue valorar por medio de la escala de Likert (ver tabla 14), cual bebida era la que tenía las mejores características.

Tabla 14. Escala de valoración de atributos para análisis sensorial.

Escala	Valoración
1	Muy malo
2	Malo
3	Ni bueno ni malo
4	Bueno
5	Muy bueno

- **Análisis estadístico de los resultados obtenidos de la prueba sensorial de la bebida de cacao.**

La determinación de cuál fermentador proporcionó las mejores características organolépticas se realizó al final de todo el proceso por medio de una encuesta realizada a los panelistas entrenados que en este caso sirvieron de degustadores, donde se les dio a probar por medio de una bebida las muestras de cacao, se evaluó el aroma, color, sabor y textura. Las medias de los resultados de los experimentos fueron comparadas por el análisis de varianza (ANDEVA) con 95% de confianza, este se realizó en el software estadístico Infostat, donde se realizaron los análisis cuantitativos y el test Duncan para separación de promedios, (Di Rienzo, Monica, y Carlos, 2014).

A continuación, en la tabla 15 y figura 33 se muestra los resultados obtenidos para el aroma.

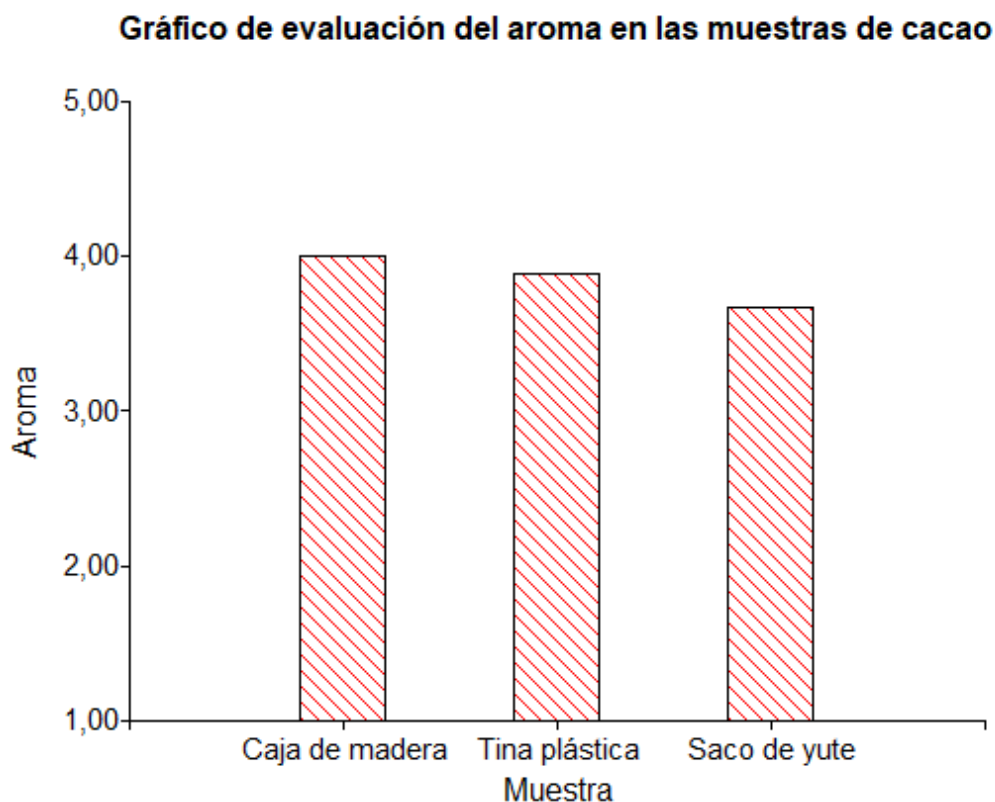
Tabla 15. Análisis de la varianza de Aroma de las muestras de cacao.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.52	2	0.26	0.37	0.6957
Error	16.89	24	0.70		
Total	17.41	26			

Se puede observar que en el análisis de varianza el p valor es de 0.6957 lo cual

quiere decir que la hipótesis que se comprueba es la hipótesis nula y por lo tanto las tres muestras que se pusieron a prueba no tienen diferencia significativa en la percepción de los panelistas del aroma.

Figura 33. Evaluación del Aroma en las muestras de cacao.



Según se observa en el gráfico la muestra con las mejores valoraciones en cuanto a aroma, es el tratamiento en la caja de madera y con la valoración más baja son los granos fermentados en saco de yute.

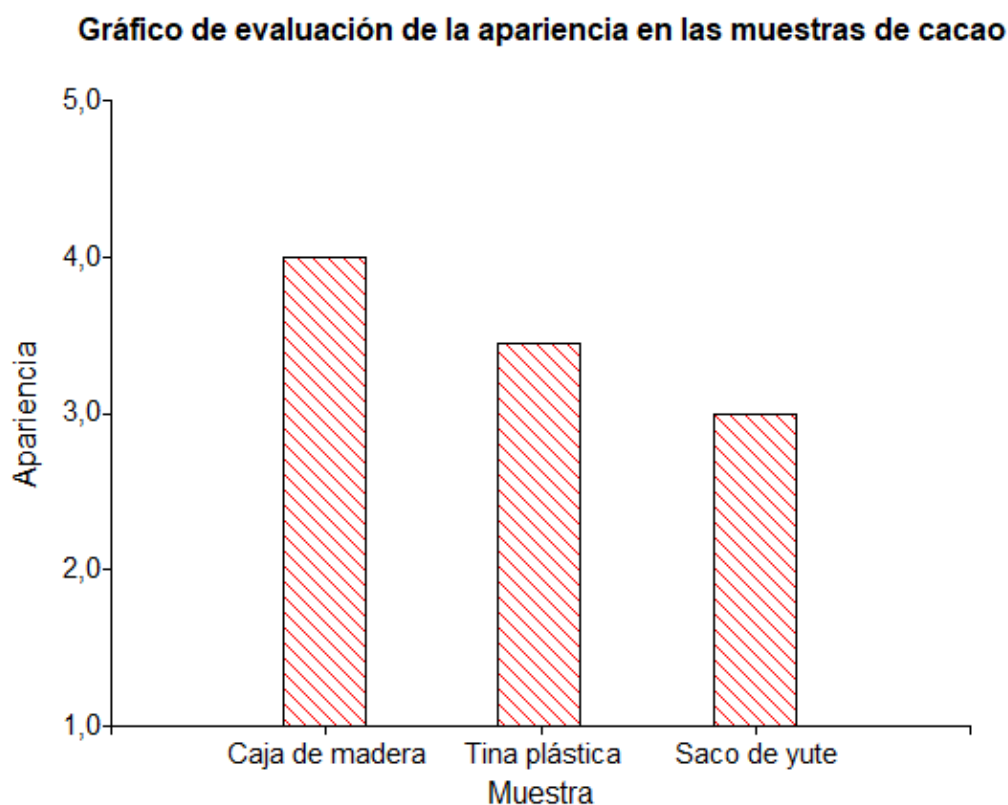
En el caso de la apariencia de las bebidas de cacao evaluadas por los panelistas, los resultados se muestran en la tabla 16 y figura 34.

Tabla 16. Análisis de varianza de la Apariencia de las muestras de cacao.

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	4.52	2	2.26	1.50	0.2440
Error	36.22	24	1.51		
Total	40.74	26			

En cuanto a la apariencia se observa el mismo caso, el p valor es de 0.2440 resultando cierta la hipótesis nula, es decir, las muestras no presentan diferencias significativas en la percepción de los panelistas.

Figura 34. Evaluación de la apariencia de las muestras de cacao.



Se puede ver que los resultados de las valoraciones la mejor puntuación según los panelistas la tuvo la muestra en el cajón de madera y la más baja la muestra en el saco de yute.

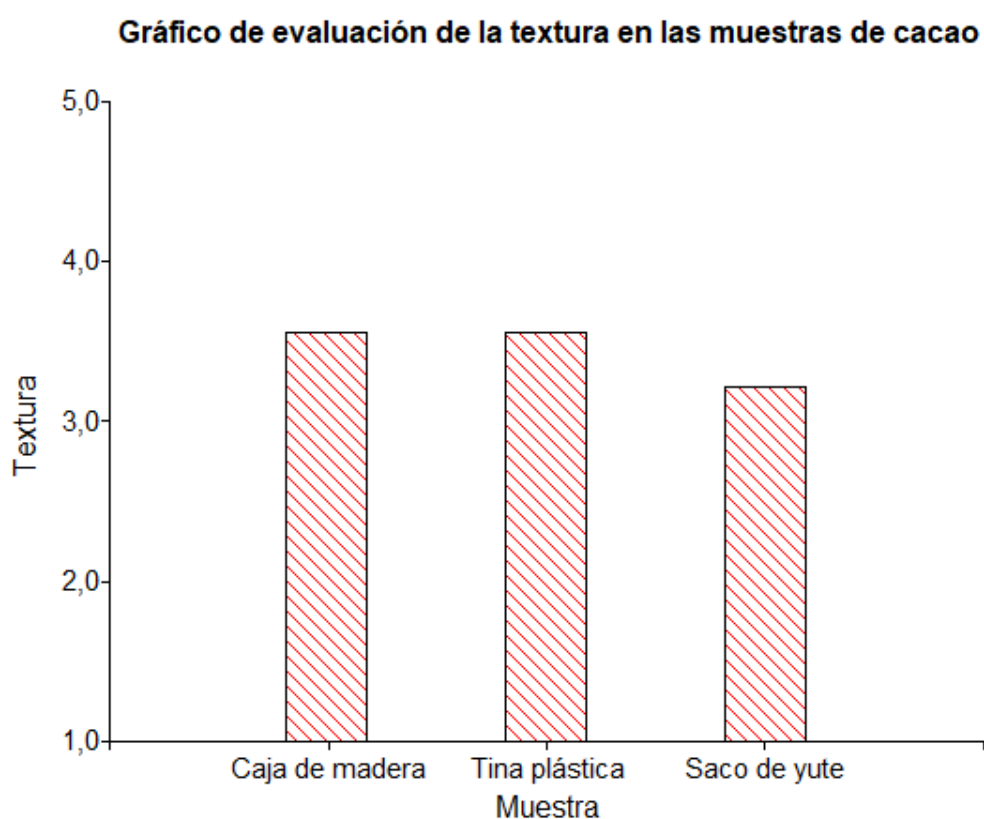
Para la evaluación de la textura, los resultados se muestran en la tabla 17 y figura 35.

Tabla 17. Análisis de varianza de la textura de las muestras de cacao.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.67	2	0.33	0.22	0.8024
Error	36.00	24	1.50		
Total	36.67	26			

La textura, según los panelistas, no muestra diferencias significativas en las muestras, ya que se obtuvo un p valor de 0.80.

Figura 35. Evaluación de la textura en las muestras de cacao.



En el gráfico se observa que las tres muestras no presentan diferencia relevante, aunque a simple vista se vea que dos de las muestras presenta mejor valoración en este caso la de caja de madera y la de plástico según los panelistas.

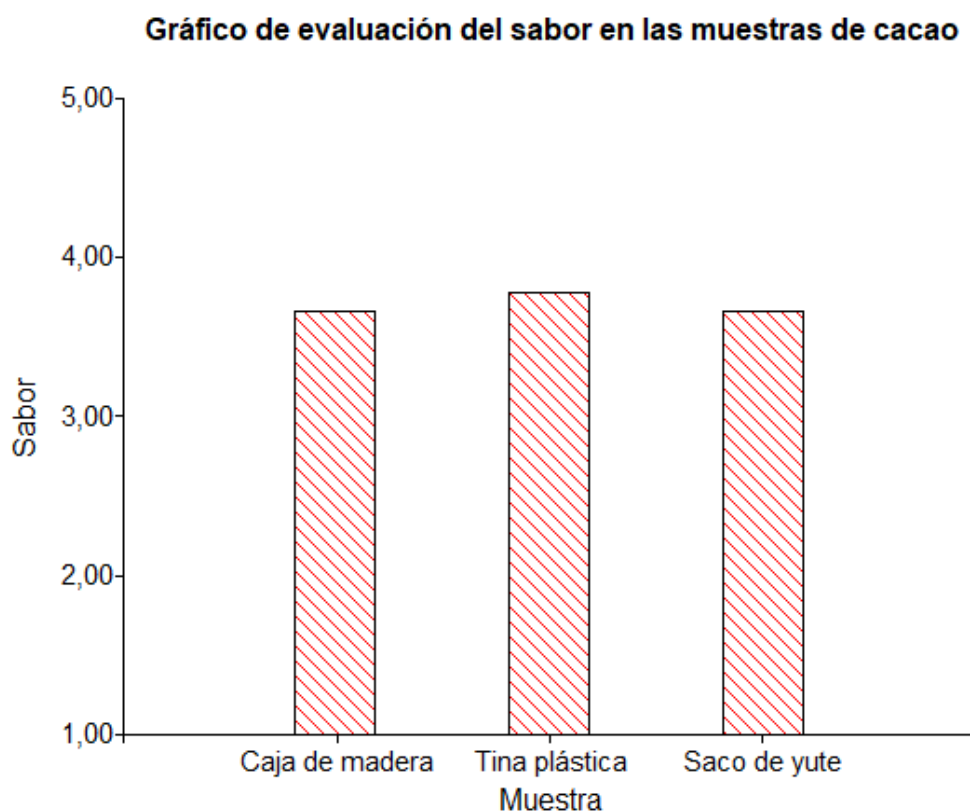
Para la valoración del sabor de las bebidas de cacao, los resultados se presentan en la tabla 18 y figura 36.

Tabla 18. Análisis de varianza del sabor en las muestras de cacao.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	2	0.04	0.03	0.9723
Error	31.56	24	1.31		
Total	31.63	26			

Las valoraciones al sabor obtuvieron un p valor de 0.97 comprobando la hipótesis nula, no existe según los panelistas diferencia significativa entre las muestras en cuanto al sabor de las mismas.

Figura 36. Evaluación del sabor en las muestras de cacao.



Se puede observar que en cuanto a sabor las tres muestras no presentan gran diferencia entre sí según los panelistas.

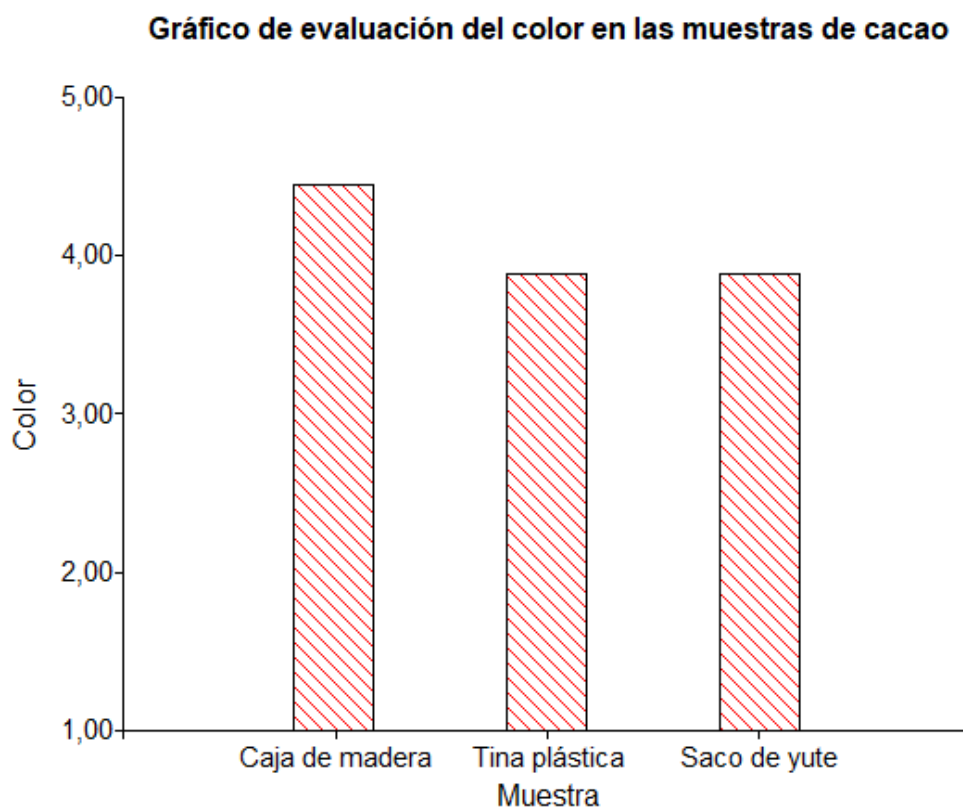
Para el caso de la evaluación del color, los resultados se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Análisis de varianza para el color de las muestras de bebida de cacao.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.85	2	0.93	1.01	0.3791
Error	22.00	24	0.92		
Total	23.85	26			

En el caso de color se tiene un p valor de 0.37 lo cual quiere decir que se cumple una hipótesis nula, los panelistas no encuentran diferencia significativa entre el color de las muestras.

Figura 37. Evaluación del color en las muestras de cacao.



En el caso del color al igual que en los otros parámetros evaluados tampoco existe diferencia significativa según los panelistas, aunque a simple vista, por la media, se cree que la mejor valoración la tuvo el cacao fermentado en cajas de madera.

En el análisis de varianza realizado, los panelistas no encontraron diferencias estadísticas entre las muestras para los parámetros estudiados. Se realizó también un análisis de varianza multivariado que presenta los estadísticos de Wilks, Pillai, Lawley – Hotelling y Roy, los resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Análisis de varianza multivariado de las características organolépticas evaluadas en las bebidas de cacao.

Prueba	Estadístico	F	P
Wilks	0.78	0.53	0.8611
Pillai	0.23	0.54	0.8485
Lawley – Hotelling	0.27	0.51	0.8737
Roy	0.20	0.85	0.5217

Las cuatro pruebas coinciden en una hipótesis nula ($p > 0.05$), lo que indica que no hay diferencia significativa entre los parámetros evaluados de los métodos fermentativos según el análisis sensorial.

Se realizó una prueba Hotelling con $\alpha = 0.05$ (tabla 21), prueba semejante al test de Duncan, que indica que los métodos fermentativos son equivalentes de manera general.

Tabla 21. Separación de promedios de los tratamientos por Hotelling.

Muestra	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Color	
Tina plástica	3.89	3.44	3.56	3.78	3.89	A
Saco de yute	3.67	3.00	3.22	3.67	3.89	A
Cajón de madera	4.00	4.00	3.56	3.67	4.44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ya que los panelistas no encontraron diferencia significativa en el análisis sensorial en cuanto a sabor, olor, color, apariencia y textura, basándose en el proceso de fermentación se puede decir que el mejor tratamiento de fermento fue el saco de yute, ya que en el proceso de fermentación se lograron alcanzar temperaturas óptimas de fermento mayores a 40 °C como lo define (Riera, 2009). Además,

aunque no se encontró diferencia significativa entre el pH y la humedad respecto a los demás tratamientos evaluados, este tratamiento presentó valores aproximados a los óptimos los cuales son de 7% a 8% de humedad y de 5 a 5.5 en pH según Fedecacao (2004).

VII. Conclusión

Para este estudio se utilizaron 9 quintales de cacao los cuales se distribuyeron colocando 3 quintales por cada tipo de fermentador utilizado, tinas plásticas, cajones de madera de melina y sacos de yute.

Al finalizar el proceso de fermentación y secado se obtuvo que el cacao que alcanzó los mejores valores en cuanto a temperaturas de fermentación y pH fueron los granos tratados en sacos de yute, alcanzando temperaturas mayores a 40 °C y un promedio de pH final de 5.5 los cuales se consideran valores óptimos de fermentación, en cuanto a porcentaje de humedad final fue de 9.3%.

El cacao tratado en cajones de madera tuvo problemas durante el proceso de fermentación ya que no logró alcanzar las temperaturas óptimas de fermentación, esto se debió a que los cajones no se llenaron completamente y no había suficiente masa para calentarse entre sí y alcanzar la temperatura deseada, se utilizaron cajones con capacidad de 5 quintales y solamente se colocó 1 quintal por cajón, al no alcanzar las temperaturas necesarias empezó a emanar olores putrefactos y para evitar que siguiese empeorando se sacó al secado antes que las demás muestras en los otros fermentadores, y por esta razón obtuvo el mejor porcentaje de humedad para almacenar, de 7.36% por haber estado más tiempo al sol.

En cuanto a las tinas plásticas las cuales tenían capacidad de 1 quintal tampoco alcanzaron los valores de temperatura óptima ni de humedad con un porcentaje de humedad final de 9.56% considerando esto como el peor método de fermentación entre los 3 métodos que fueron comparados.

Al finalizar el proceso de fermentación y secado se realizó una prueba sensorial de bebidas hechas con las muestras de cacao para determinar qué fermentador proporcionó las mejores características organolépticas al grano de cacao, para dicha prueba sensorial se entrenó un panel de 9 jueces los cuales eran estudiantes

de la carrera de ingeniería agroindustrial de la UNI Norte, los panelistas no lograron identificar diferencias significativas en las bebidas en cuanto a aroma, sabor, color, apariencia y textura, resultando así falsa la hipótesis de la investigación.

Se puede decir que, por valores obtenidos durante el proceso de fermentación, los granos mejor fermentados fueron los que se fermentaron en sacos de yute con temperaturas mayores a 40 °C y de 5 a 5.5 de pH; este es un método recomendado para pequeños productores de cacao ya que sirve para fermentar en pequeñas cantidades.

VIII. Recomendaciones

- Para mejorar el proceso de fermentación, evaluar la variedad de cacao que se someterá a fermento para así determinar el tiempo o días de fermento que este tendrá evitando que se pase del tiempo estimado, y que no presente problemas generando amoníaco o una baja temperatura y así no afectar el aroma, sabor o color del grano ya fermentado y secado.
- Determinar el tamaño del cajón de madera que se utiliza para efectuar el fermento acorde a la cantidad de cacao en baba que se someterá a fermentar para que este de un buen resultado.
- Determinar qué tipo de microorganismos y bacterias actúan en la fermentación del cacao realizando pruebas microbiológicas al fermento húmedo de cacao.
- Hacer una complementación a los resultados de las pruebas sensoriales con paneles expertos.
- Continuar con estudios e investigaciones que ayuden a mejorar con otros materiales el proceso de fermentación para la producción de cacao con calidad fisicoquímicas competitivas en los mercados.
- Para pequeños productores es recomendable la utilización de sacos de yute en el proceso de fermento, en este se realiza un mejor fermento en pequeñas cantidades de cacao en baba.

IX. Bibliografía

- AECOSAN. (2013). Procedimiento de Registro. Recuperado de http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subseccion/procedimientos_registro.htm
- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., y De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1), 76–87. <https://doi.org/10.1039/c2cc16027g>
- Avila, A., Campos, M., Guharay, F., y Camacho, A. (2013). Aprendiendo e Innovando sobre la Cosecha, Fermentación Y Secado Del Cacao. *Lutheran World Relief Es*, 40. Recuperado de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/19_Guia_8_Beneficiado.pdf
- BCN, (Banco Central de Nicaragua). (2007). El cacao. *El Cacao*, n°72. Recuperado de <https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/historico/sinopsis/2.pdf>
- Costell, E. (2005). *Análisis sensorial en el control Y Aseguramiento De La Calidad De Los Alimentos: Una Posibilidad Real*. (Figura 1), 1–10. Recuperado de http://digital.csic.es/bitstream/10261/5729/1/IATA_AGROCSIC_Analisis.pdf
- Cubillos, G., Merizalde, G., y Correa, E. (2008). *Manual de Beneficio del Cacao* (p. 13). p. 13. Recuperado de <http://venezuelacacao.org/wp-content/uploads/2015/04/manual-beneficio-cacao-2013.pdf>
- De La Cruz Medina, J., Vargas Ortiz, A., y Del Angel Coronel, A. (2009). CACAO: Operaciones Poscosecha. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n2p10>
- Di Rienzo, J., Monica, B., y Carlos, R. (2014). *index @ www.infostat.com.ar*. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar/>
- Dubón, A. (2016). Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. *Fhia*, 18. Recuperado de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf
- Ebay. (2019). *Www.Ebay.Com*. Recuperado de <http://www.ebay.com/>
- Espinoza Villegas, J. J., y Noguera García, R. E. (2010). *Estudio técnico-económico*

- para el acopio y procesamiento del cacao en el sur oeste de la Reserva Biosfera de Bosawas (RBB).* Recuperado de <http://repositorio.uca.edu.ni/1302/1/UCANI3226.pdf>
- FAO, (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). (2013). *Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación del cacao por acrotoxina.* 1–9.
- Fariñas, L., Ortiz, L., Alvarez, N., y Trujillo, A. (2003). *Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262599175_Fermentacion_del_cacao_en_dos_disenos_de_cajas_de_madera
- Fedecacao. (2004). *El beneficio y características físico químicas del cacao (Theobroma cacao L.).* <https://doi.org/10.1016/j.smr.2013.05.001>
- Flores Vera, N. A. (2015). *Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.*
- FUNICA. (2007). *Análisis de la Cadena Subsectorial del Cacao.* 1–46. Recuperado de <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-cacao.pdf>
- Gaitán, T. (2005). *Cadena del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) con potencial exportador.* Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01G144.pdf>
- Googlemaps. (2019). *maps @ www.google.com.ni.* Recuperado de <https://www.google.com.ni/maps>
- Grajales, T. (2000). Tipos de Investigación. *Revista de Educación On*, 4. <https://doi.org/10.1590 / S0124-00642009000200014>
- INTA, I. Ni. de T. A. (2010). *Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao.* Recuperado de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/Guia CACAO 2010.pdf>
- Johnson, J., Bonilla, J., y Castillo, L. (2008). *Manual De Manejo Y Producción Del Cacaotero.* (September). Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>
- Lopez, Y. (2016). Cacao nicaragüense brilla en el exterior. *La Prensa.* Recuperado de <https://www.laprensa.com.ni/2016/01/13/economia/1968225-cacao->

nicaraguense-brilla-en-el-exterior

- MoistureMac. (2019). moisture-mac @ store.sca.coffee. Recuperado de <https://store.sca.coffee/products/moisture-mac?variant=44072435526>
- Moreno, L. J., y Sánchez, J. A. (1989). *Beneficiado del cacao*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/310130238/Beneficio-Del-Cacao>
- Padilla Torres, S. del C., y Vera santos, J. A. (2011). *Elaboración de un manual integrado de BPA (Buenas Prácticas Agrícolas) y BPM (Buenas Prácticas de manufactura) para el proceso productivo de habas de cacao en una empresa comercializadora y exportadora de cacao en grano, previo a su inclusión en un sistem.*
- Pastorelly, D. (2013). El cacaotero. Recuperado de Bioquímica y microbiología de la fermentación de cacao. website: http://www.elcacaotero.com.ec/bioquimica_y_microbiologia_fermentacion_cacao.html
- Pérez, M., y Contreras, J. (2017). Instructivo para el control de calidad de granos de cacao. *Colombia Exporta Cacao*, 28. Recuperado de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Instructivo_control_calidad.pdf
- Reyes, H., y Capriles, L. (2009). *El cacao en venezuela*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/23271157/Cacao-REYES>
- Riera, M. (2009). *evaluación de tecnología para la fermentación del cacao beneficiado CCN-51 (Theobroma cacao L.)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/157905210/TESIS-FERMENTACION-DE-CACAO-pdf>
- Teneda Llerena, W. F. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao: (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=664426>
- Vallejo, C., Díaz, R., Morales, W., Soria, R., Baren, C., y Vera, J. (2010). Utilización del mucilago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de Jalea. *Revista ESPAMCIENCIA*, 7(1), 51–58. Recuperado de <http://investigacion.esпам.edu.ec/index.php/Revista/article/view/204>

Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., y Elías, L. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/12666/IDL-12666.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

X. Anexos

Anexo 1. Hoja de entrenamiento de panelistas.

Número de panelista: _____ **Fecha:** _____

Nombre del Producto: Salsa de tomate		
Frente a usted hay tres muestras de “Salsa de tomate” dos son iguales y una diferente, deguste cada una con cuidado y marque con una X la muestra diferente.		
Atributo	Numero de muestra	Muestra diferente
Color	201-ST	
	365-ST	
	851-ST	
Aroma	115-ST	
	105-ST	
	659-ST	
Sabor	456-ST	
	596-ST	
	810-ST	

“Gracias por tu colaboración, que tengas buen día”

Anexo 2. Encuesta de prueba sensorial en bebida de cacao.

Encuesta de prueba sensorial y organoléptica en bebida de cacao.

Procedencia de la muestra:

- ☐ Caja de madera ☐ Recipiente plástico ☐ Saco de yute

Fecha de Evaluación:

Marque con una X la valoración que crea conveniente

Aroma		Apariencia	
<input type="checkbox"/> Muy Malo	<input type="checkbox"/> Muy mala	<input type="checkbox"/> Muy mala	<input type="checkbox"/> Muy mala
<input type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> Mala
<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal
<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Buena	<input type="checkbox"/> Buena	<input type="checkbox"/> Buena
<input type="checkbox"/> Muy Bueno	<input type="checkbox"/> Muy buena	<input type="checkbox"/> Muy buena	<input type="checkbox"/> Muy buena

Textura		Sabor	
<input type="checkbox"/> Muy mala	<input type="checkbox"/> Muy malo	<input type="checkbox"/> Muy malo	<input type="checkbox"/> Muy malo
<input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Malo
<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal
<input type="checkbox"/> Buena	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Bueno
<input type="checkbox"/> Muy buena	<input type="checkbox"/> Muy bueno	<input type="checkbox"/> Muy bueno	<input type="checkbox"/> Muy bueno

Color		Rancidez	
<input type="checkbox"/> Muy malo	<input type="checkbox"/> Se percibe mucho	<input type="checkbox"/> Se percibe mucho	<input type="checkbox"/> Se percibe mucho
<input type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Se percibe poco	<input type="checkbox"/> Se percibe poco	<input type="checkbox"/> Se percibe poco
<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> No se percibe	<input type="checkbox"/> No se percibe	<input type="checkbox"/> No se percibe
<input type="checkbox"/> Buena			
<input type="checkbox"/> Muy bueno			

Estimado panelista, si quiere expresar comentarios sobre el producto, se lo agradeceremos mucho.

¡Gracias por su colaboración!